



**Grado en Ingeniería Eléctrica**

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

TFG. Nº: **770G02A219**

TÍTULO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO  
PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

AUTOR: **PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

TUTOR: **MANUEL ÁNGEL GRAÑA LÓPEZ**

FECHA: **JUNIO 2020**

Fdo.: EL AUTOR

Fdo.: EL TUTOR

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ÍNDICE GENERAL**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE GENERAL**

	Páginas
<b>1 MEMORIA .....</b>	<b>11</b>
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO .....	14
1.2 OBJETO .....	14
1.3 ALCANCE .....	15
1.4 ANTECEDENTES .....	15
1.5 PROPIEDAD DE LA INSTALACIÓN Y PETICIONARIO .....	19
1.6 EMPLAZAMIENTO .....	20
1.7 AUTOR DEL PROYECTO .....	22
1.8 CAPÍTULOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO .....	22
1.9 COMPAÑÍA SUMINISTRADORA .....	22
1.10 NORMAS Y REFERENCIAS .....	23
1.10.1 Disposiciones legales y normas aplicadas .....	23
1.10.2 Bibliografía .....	34
1.10.3 Programas de cálculo .....	37
1.10.4 Otras referencias .....	38
1.10.5 Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto .....	38
1.11 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	39
1.12 REQUISITOS DE DISEÑO .....	44
1.13 ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	59
1.14 RESULTADOS FINALES .....	67
1.14.1 Descripción general de la obra .....	67
1.14.2 Red de distribución en media tensión .....	73
1.14.3 Centro de seccionamiento .....	90
1.14.4 Centros de transformación .....	95
1.14.5 Red de distribución en baja tensión .....	108
1.14.6 Red de distribución en alumbrado público .....	154
1.14.7 Armónicos de la red de distribución en alumbrado público .....	183

1.14.8	Pérdidas en las líneas eléctricas .....	201
1.15	PLANIFICACIÓN .....	210
1.16	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS .....	212
<b>2</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>213</b>
2.1	ANEXO 1: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA .....	218
2.2	ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN .....	223
2.2.1	Objeto .....	225
2.2.2	Alcance .....	225
2.2.3	Descripción de la instalación .....	225
2.2.4	Cálculos .....	228
2.2.5	Resultados finales .....	263
2.3	ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	323
2.3.1	Objeto .....	325
2.3.2	Alcance .....	325
2.3.3	Descripción de la instalación .....	325
2.3.4	Cálculos .....	327
2.3.5	Resultados finales .....	341
2.4	ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	343
2.4.1	Objeto .....	345
2.4.2	Alcance .....	345
2.4.3	Descripción de la instalación .....	345
2.4.4	Cálculos .....	348
2.4.5	Resultados finales .....	369
2.5	ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	372
2.5.1	Objeto .....	374
2.5.2	Alcance .....	374
2.5.3	Descripción de la instalación .....	374
2.5.4	Cálculos .....	378
2.5.5	Resultados finales .....	392



2.6	ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO .....	395
2.6.1	Objeto .....	397
2.6.2	Alcance .....	397
2.6.3	Descripción de la instalación .....	397
2.6.4	Cálculos .....	400
2.6.5	Resultados finales .....	431
2.7	ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	470
2.7.1	Objeto .....	472
2.7.2	Alcance .....	472
2.7.3	Descripción de la instalación .....	472
2.7.4	Cálculos .....	474
2.7.5	Resultados finales .....	518
2.8	ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	524
2.8.1	Objeto .....	526
2.8.2	Alcance .....	526
2.8.3	Descripción de la instalación .....	527
2.8.4	Cálculos .....	530
2.8.5	Resultados finales .....	581
2.9	ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	589
2.9.1	Memoria .....	591
2.9.2	Pliego de condiciones .....	616
2.9.3	Planos de seguridad .....	627
2.9.4	Mediciones .....	637
2.9.5	Presupuesto .....	647
2.10	ANEXO 10: CATÁLOGOS .....	681
2.10.1	Prysmian .....	684
2.10.2	General Cable .....	690
2.10.3	Chint Electrics .....	704
2.10.4	Philips Lighting Spain S.L.U. ....	712

2.10.5	Hispanofil .....	715
2.10.6	Circutor .....	716
<b>3</b>	<b>PLANOS .....</b>	<b>718</b>
3.1	Situación A3 1-1 .....	721
3.2	Emplazamiento A2 1-1000 .....	722
3.3	Distribución A2 1-1000 .....	723
3.4	Distribución acotado A2 1-1000 .....	724
3.5	Red Distribución Media Tensión A2 1-1000 .....	725
3.6	Red Distribución Baja Tensión A2 1-1000 .....	726
3.7	Red Distribución Alumbrado Público A2 1-1000 .....	727
3.8	Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	728
3.9	Foso Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	729
3.10	Centro Transformación 400 kVA A2 1-50 .....	730
3.11	Foso Centro Transformación 400 kVA A3 1-100 .....	731
3.12	Canalización Bajo Acera A3 1-10 .....	732
3.13	Canalización Bajo Calzada A3 1-10 .....	733
3.14	Unifilar Media Tensión A1 1-1 .....	734
3.15	Unifilar Baja Tensión A1 1-1 .....	735
3.16	Unifilar Alumbrado Público A1 1-1 .....	736
3.17	Red Tierra Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	737
3.18	Red Tierra Centro Transformación 400 kVA A2 1-50 .....	738
<b>4</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>739</b>
4.1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	741
4.2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS .....	766
4.2.1	Red de distribución en Media Tensión .....	766
4.2.2	Centro de Seccionamiento .....	787
4.2.3	Centro de Transformación .....	791
4.2.4	Red de distribución en Baja Tensión .....	799
4.2.5	Red de distribución en Alumbrado Público .....	818

4.3	PLIEGO DE CONDICIONES DEL PLAN DE CALIDAD .....	832
<b>5</b>	<b>ESTADO DE MEDICIONES .....</b>	<b>837</b>
5.1	Red de Distribución en Media Tensión .....	839
5.2	Centro de Seccionamiento .....	842
5.3	Centro de Transformación .....	844
5.4	Red de Distribución en Baja Tensión .....	848
5.5	Red de Distribución en Alumbrado Público .....	858
5.6	Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público .....	865
5.7	Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas .....	868
5.8	Estudio de seguridad y salud .....	870
5.9	Tramitaciones y permisos .....	871
<b>6</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>872</b>
6.1	CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 1, PRECIOS UNITARIOS .....	874
6.2	CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 2, PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	905
6.3	PRESUPUESTOS PARCIALES .....	940
6.4	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	974
6.5	PRESUPUESTO TOTAL .....	979

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
1	Figura 1.14.2.1 – Pantallas de los cables conectadas a tierra (Proyecto UFD) .....	74
2	Figura 1.14.5.1 - Caja General de Protección (Normas UFD) .....	112
3	Figura 1.14.5.2 - CGP-7 (Normas UFD) .....	113
4	Figura 1.14.5.3 - Ubicación de CGP en mechina con acometida subterránea (Normas UFD) .....	114
5	Figura 1.14.5.4 - Instalación de armarios exteriores (Normas UFD) .....	128
6	Figura 1.14.5.5 - Disposición de IGA (Normas UFD) .....	132
7	Figura 1.14.5.6 - Esquema TN-S (REBT) .....	146
8	Figura 1.14.6.1 – Dado de cimentación de punto de luz (Orden Circular 36/2015) .....	181
9	Figura 1.14.7.1 – Onda ideal y onda distorsionada (Apuntes de GEEE) .....	184
10	Figura 1.14.7.2 – Representación gráfica de la serie de Fourier (Apuntes de GEEE) .....	186
11	Figura 1.14.7.3 – Diagrama de barras lámpara PL T20 W (Apuntes de GEEE) .....	187
12	Figura 1.14.7.4 – Simplificación de la red (Apuntes de GEEE) .....	199
13	Figura 1.14.8.1 – Batería de condensadores en red de 36 kV (Catálogo Circutor) .	207
14	Figura 1.14.8.2 – Batería automática CP254 (Catálogo Schneider Electric) .....	210
15	Figura 2.2.4.1 – Circuito eléctrico equivalente para método en T (Aula Politécnica) .....	254
16	Figura 2.6.4.1 - Curva del factor de utilización (Recursos CITCEA UPC) .....	409
17	Figura 2.7.3.1 – Filtro armónico de absorción (Pablo Morgade Fernández) .....	473
18	Figura 2.8.4.1 – Compensación de potencia reactiva (Apuntes de GEEE) .....	556
19	Figura 2.8.4.2 – Batería de compensación automática (Apuntes de GEEE) .....	569
20	Figura 2.9.3.1 – Señales contraincendios (Web SlidePlayer) .....	627
21	Figura 2.9.3.2 – Lona de señalización en obra (Empresa BdB) .....	628
22	Figura 2.9.3.3 – Señales primeros auxilios (Web Pinterest, Samir AB) .....	629
23	Figura 2.9.3.4 – Manipular cargas (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) .....	629

24	Figura 2.9.3.5 – Apertura de zanjas (SST Asesores) .....	630
25	Figura 2.9.3.6 – Instalación eléctrica (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) ....	631
26	Figura 2.9.3.7 – Orden y limpieza (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) .....	632
27	Figura 2.9.3.8 – Maquinaria de obra (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) ....	633
28	Figura 2.9.3.9 – Elementos de izado (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) .....	633
29	Figura 2.9.3.10 – Izado de elementos (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) ...	634
30	Figura 2.9.3.11 – Escaleras (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) .....	635
31	Figura 2.9.3.12 – Andamios (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola) .....	636

### ÍNDICE DE TABLAS

		Páginas
1	Tabla 1.14.2.1 – Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios .....	74
2	Tabla 1.14.2.2 – Características del cable HEPRZ1 12/20 kV .....	76
3	Tabla 1.14.2.3 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos .....	77
4	Tabla 1.14.2.4 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas .....	78
5	Tabla 1.14.2.5 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas .....	82
6	Tabla 1.14.2.6 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas .....	85
7	Tabla 1.14.2.7 – Secciones mínimas en función de la duración de la falta .....	89
8	Tabla 1.14.6.1 - Situaciones de Proyecto .....	163
9	Tabla 1.14.6.2 – Series ME de Clases de Alumbrado .....	164
10	Tabla 1.14.6.3 – Series MEW de Clases de Alumbrado .....	165
11	Tabla 1.14.6.4 – Series CE de Clases de Alumbrado .....	166
12	Tabla 1.14.6.5 – Diodos electroluminiscentes de alta potencia (2011) .....	170
13	Tabla 1.14.6.6 – Características de las luminarias de alumbrado de carreteras ....	174
14	Tabla 1.14.6.7 – Tipos de implantación de puntos de luz .....	178
15	Tabla 1.14.6.8 – Dimensiones orientativas de las cimentaciones .....	181
16	Tabla 1.14.7.1 – Secuencia de los armónicos .....	188
17	Tabla 1.14.7.2 – Límites de distorsión armónica para equipos clase C .....	194
18	Tabla 1.15.1 – Planificación de la ejecución del proyecto .....	211
19	Tabla 2.2.5.1 – Hipótesis de partida .....	321

20	Tabla 2.2.5.2 – Previsión de carga del polígono industrial .....	322
21	Tabla 2.3.4.1 – Tensión de contacto según la duración de corriente de falta .....	338
22	Tabla 2.3.5.1 – Parámetros característicos del CS .....	341
23	Tabla 2.4.4.1 – Tensión de contacto según la duración de corriente de falta .....	366
24	Tabla 2.4.5.1 – Parámetros característicos del CT .....	369
25	Tabla 2.5.5.1 – Previsión de carga cuadros principales en BT .....	393
26	Tabla 2.5.5.2 – Previsión de carga naves .....	394
27	Tabla 2.6.4.1 – Altura de la luminaria .....	407
28	Tabla 2.6.5.1 – Resultados luminotécnicos .....	468
29	Tabla 2.6.5.2 – Previsión de carga alumbrado .....	469
30	Tabla 2.7.5.1 – Previsión de carga alumbrado con armónicos .....	523
31	Tabla 2.8.5.1 – Previsión de carga naves con pérdidas por efecto Joule .....	587
32	Tabla 2.8.5.2 – Conclusiones instalación eléctrica .....	588
33	Tabla 4.2.1.1 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos .....	769
34	Tabla 4.2.1.2 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas .....	769
35	Tabla 4.2.1.3 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas .....	776
36	Tabla 4.2.1.4 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas .....	779
37	Tabla 4.2.4.1 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos .....	801
38	Tabla 4.2.4.2 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas .....	801
39	Tabla 4.2.4.3 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas .....	808
40	Tabla 6.4.1 – Presupuesto de conductores y tubos eléctricos .....	976

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **MEMORIA**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO MEMORIA**

	Páginas
<b>1 MEMORIA .....</b>	<b>14</b>
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO .....	14
1.2 OBJETO .....	14
1.3 ALCANCE .....	15
1.4 ANTECEDENTES .....	15
1.5 PROPIEDAD DE LA INSTALACIÓN Y PETICIONARIO .....	19
1.6 EMPLAZAMIENTO .....	20
1.7 AUTOR DEL PROYECTO .....	22
1.8 CAPÍTULOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO .....	22
1.9 COMPAÑÍA SUMINISTRADORA .....	22
1.10 NORMAS Y REFERENCIAS .....	23
1.10.1 Disposiciones legales y normas aplicadas .....	23
1.10.2 Bibliografía .....	34
1.10.3 Programas de cálculo .....	37
1.10.4 Otras referencias .....	38
1.10.5 Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto .....	38
1.11 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	39
1.12 REQUISITOS DE DISEÑO .....	44
1.13 ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	59
1.14 RESULTADOS FINALES .....	67
1.14.1 Descripción general de la obra .....	67
1.14.2 Red de distribución en media tensión .....	73
1.14.3 Centro de seccionamiento .....	90
1.14.4 Centros de transformación .....	95
1.14.5 Red de distribución en baja tensión .....	108
1.14.6 Red de distribución en alumbrado público .....	154
1.14.7 Armónicos de la red de distribución en alumbrado público .....	183



1.14.8 Pérdidas en las líneas eléctricas .....	201
1.15 PLANIFICACIÓN .....	210
1.16 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS .....	212

## 1 MEMORIA

En la elaboración del proyecto se usará como guía la información exigida por las Normas: **UNE** (Una Norma Española) **157001:2014**, Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico; **UNE 157701:2006**, Criterios generales para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de Baja Tensión (BT); además de, la Instrucción Técnica Complementaria (**ITC**) **20** del Reglamento de Alta Tensión (**RAT**), Anteproyectos y Proyectos, del Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

### 1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Instalaciones eléctricas y de alumbrado público de un polígono industrial.

### 1.2 OBJETO

El presente proyecto destinado a TFG (Trabajo Fin de Grado) se redacta con el objetivo de obtener la titulación de Grado en Ingeniería Eléctrica.

El objeto de este TFG es el cálculo y diseño de las infraestructuras eléctricas y de alumbrado público necesario para la puesta en funcionamiento del **Polígono Industrial “Ártabro”**.

El polígono forma parte del capítulo 7 en el título VI, Regulación del Suelo Urbano de un Polígono Industrial (ordenanza 5ª), en el Plan General de Ordenación Municipal (**PGOM**) del término municipal de Narón, (La Coruña), y desarrollado en una fase posterior con el Plan Parcial de Actuación Industrial (**PPAI**) del sector IV del polígono Río do Pozo, y sus Ordenanzas Reguladoras (**OR**).

Se pretende con este proyecto, diseñar las instalaciones de media y baja tensión del Polígono Industrial Ártabro, integrado en el sector IV del Plan Parcial de Actuación Industrial, para que así, pueda ser recepcionada definitivamente por la empresa distribuidora de electricidad en la zona, que en este caso es Unión Fenosa Distribución (UFD).

Así mismo, el objeto del presente proyecto es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la implantación de la instalación bajo condiciones técnicas y económicas óptimas, y al mismo tiempo, exponer ante los **Organismos Competentes** que la instalación eléctrica en Media y Baja Tensión que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de servir de base a la hora de proceder a la ejecución y puesta en servicio de dicha red.

Consideramos a efectos de **instalación eléctrica** la que parte desde el centro de seccionamiento con sus protecciones y los circuitos exteriores que sección le corresponden hasta la CGP (Caja General de Protección) o luminarias.

### 1.3 ALCANCE

El ámbito de aplicación del presente proyecto es la ejecución de las infraestructuras necesarias en el sector industrial eléctrico, para así, lograr la distribución en media y baja tensión de la totalidad de las parcelas del **Polígono Industrial Ártabro**, así como, la iluminación viaria eficiente de dicho polígono. El proyecto contiene los documentos mínimos legales para definir las instalaciones eléctricas que permitan la puesta en servicio en el mencionado polígono industrial.

Estos documentos están divididos principalmente por la memoria descriptiva que justifican las soluciones adoptadas, juntamente con los planos y pliego de condiciones, donde se detalla de manera inequívoca el propósito de dicho proyecto.

Los contenidos mínimos del presente proyecto serán los siguientes:

- ❖ Diseño y cálculo de la red de Media Tensión.
- ❖ Diseño y cálculo de la red de Baja Tensión.
- ❖ Diseño y cálculo de Centros de Transformación.
- ❖ Diseño y cálculo del Alumbrado Público, así como su análisis armónico y mejora de su eficiencia.
- ❖ Análisis, cuantificación y mejoras de las Pérdidas en las Líneas Eléctricas.

### 1.4 ANTECEDENTES

Este proyecto tiene su origen en la propuesta por parte del alumno y el tutor de elaborar el TFG para la Escuela Universitaria Politécnica (EUP) de Ferrol. Se trata de un Proyecto de Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Nueva Construcción.

El **Ayuntamiento de Narón** en ejercicio de sus competencias que la ley le reconoce para la gestión urbanística general en su municipio, decidió promover una actuación urbanística para dotar al municipio de suelo de uso industrial debidamente urbanizado, a precio asequible que permita atender y fomentar la demanda futura de suelo por potenciales destinatarios, para así, lograr diversificar nuevos proyectos de implantación industrial creadores de empleo, además de facilitar el traslado de las industrias situadas en el casco urbano y orientar el crecimiento urbanístico del municipio.

Para lograr el objetivo propuesto, el Ayuntamiento firmó un **Convenio de colaboración** con **SEPES** (Entidad Pública Empresarial de Suelo), con fecha 3 de marzo de 1988, en virtud de

cual el Ayuntamiento promoverá y SEPES ejecutará la citada actuación urbanística, mediante las iniciativas de Planeamiento previstas en la Legislación urbanística.

El 1 de marzo de 1990 fue aprobado el Programa de Actuación Urbanística “RÍO DO POZO”, que programaba el desarrollo de la Actuación en cuatro sectores de planeamiento, moderando su urbanización a las necesidades futuras de suelo industrial. Estos terrenos configuran una actuación que abarca unas 230 Hectáreas (2.300.000 m<sup>2</sup>), entre las carreteras LC-113 de Ferrol a Valdoviño y C-646 de Ortigueira a Ferrol por Cedeira.

Una vez que se han desarrollado urbanísticamente los Sectores I, II y III de la Actuación, y se ha detectado una demanda complementaria de parcelas industriales, se procede a desarrollar el Sector IV mediante la tramitación del Plan Parcial del Sector IV, Actuación Industrial “Río do Pozo”, Narón (A Coruña).

A través de SEPES, la constitución de dicho patrimonio público de suelo en el sector objeto de esta homologación y el proceso integral de desarrollo del planeamiento y ejecución de la urbanización de toda su superficie, serán costeados con aplicación exclusiva de recursos públicos, sin aportaciones de otra naturaleza ni injerencia de intereses privados.

Los proyectos de zonas industriales se encuentran incluidos en el grupo 7 del Anexo II de la Ley 6/2001, de 8 de mayo, y en el artículo 1 apartado 2 de dicha Ley, recoge que deberán someterse a una evaluación de impacto ambiental cuando así lo decida el órgano ambiental (Dirección Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental, Consellería de Medio Ambiente).

Consecuentemente, mencionado órgano determina necesario el trámite de evaluación de impacto ambiental para esta actuación y, por lo tanto, se redactará en paralelo el perceptivo Estudio de Impacto Ambiental.

La **Declaración de Impacto Ambiental** deberá ser tenida en cuenta tanto en la redacción del proyecto de urbanización como en la ejecución de las obras.

El desarrollo urbanístico de los Sectores I y II ha supuesto la ejecución de las infraestructuras generales necesarias para el desarrollo de los cuatro sectores: conexión viaria con la vía rápida Ferrol-As Pontes, abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, y colector de aguas residuales que conecta, a su vez, con la red general de la Ría de Ferrol.

Las redes generales de infraestructuras que darán servicio a la actuación discurren por el viario principal del polígono, que, a su vez, atraviesa cuatro sectores. Este viario está ejecutado en los tramos de los Sectores I y II y parte del III.

En la actualidad, los sectores I y II de la actuación cuentan con **Abastecimiento de Agua Potable**. Desde el Sector I, la red se prolonga entrando en el área del sector III con una sección de Ø 500 mm (milímetros) en previsión del entronque para el abastecimiento de los futuros sectores III y IV.

Al Sur de los Sectores I y II discurre una conducción general de abastecimiento de agua sin depurar, desde el Embalse de las Forcadas a la ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) de Ferrol.

Respecto al **Saneamiento**, las aguas pluviales podrán verter directamente al cauce del Río Seco, si bien, previo al vertido y para evitar los efectos derivados de la concentración y erosión, en el caso de las arenas y del batimiento y consiguiente dispersión en la masa de agua, en cuanto a las grasas, arrastradas en los primeros momentos de precipitación tras una prolongada sequía, se dispondrá en la Red de Saneamiento de Pluviales, sumideros con cámara de desengrasado y arenado, repartidas de modo que su zona de influencia sea de unos 100 m<sup>2</sup>.

El Sector I de Actuación “RÍO DO POZO” cuenta con una Red de Aguas Residuales. Esta red se prolongó con sección de Ø 50 cm (centímetros) dentro del área del Sector III, dimensionándose, al igual que el colector general (Ø 60 y Ø 80 en su tramo final), para recoger los vertidos de los Sectores III y IV en previsión de futuro desarrollo. El colector existente, conecta a su vez, con la red general de la Ría de Ferrol.

El **Suministro de Energía Eléctrica** se establecerá a través de la Compañía Eléctrica, UFD, según la legislación y reglamentos vigentes de aplicación.

Se han previsto los esquemas de canalizaciones de **Telecomunicaciones** y, estos servicios se contratarán en su día con las empresas suministradoras.

El constante y destacado crecimiento del municipio, junto con la nueva construcción de una nueva fase de Actuación del Polígono Industrial “RÍO DO POZO”, obliga a prever un incremento del consumo eléctrico futuro que exige construir nuevas infraestructuras eléctricas que hagan frente a dicho crecimiento.

Además, un punto importante a considerar es que, se tendrá que facilitar la información necesaria a UFD que recoge el artículo 12, Ordenación de Cargas, del Reglamento Electrotécnico para Baja tensión (RBT), Real Decreto (RD) 842/2002 de 2 de agosto:

“Antes de iniciar las obras, los titulares de edificaciones en el proyecto de construcción deberán facilitar a la empresa suministradora toda la información necesaria para deducir los consumos y cargas que han de producirse, a fin de poder adecuar con antelación suficiente el crecimiento de sus redes y las previsiones de cargas en sus centros de transformación”.

En consecuencia, **antes de la elaboración del proyecto**, se han establecido reuniones con la empresa distribuidora de energía eléctrica de la zona, UFD, para fijar las condiciones técnicas que definan el proyecto, así como, establecer el punto de conexión a la red de

distribución que permita garantizar el suministro eléctrico del nuevo polígono industrial, estimado en **2.628,17 kW** (Kilovatios).

Según los contactos realizados con UFD, el proyecto seguirá las directrices fijadas por las normas particulares y los proyectos tipo de UFD para:

- Conexión de Instalaciones en Alta Tensión (AT) hasta 36 kV (Kilovoltios).
- Líneas Subterráneas hasta 20 kV.
- Líneas Subterráneas en BT.
- Centros de Seccionamiento (CS).
- Centros de Transformación (CT).
- Instalaciones de Enlace en BT.

Un apartado a considerar, como indica el RAT, es que deberá elaborarse previamente a la ejecución de la instalación eléctrica en AT, un proyecto que defina las características de la instalación, según determina la ITC-RAT 20 y, que deberá tener en cuenta las especificaciones particulares aprobadas y en vigor de la empresa producción, transporte o distribución de energía eléctrica, UFD en el proyecto en cuestión.

Al término de la ejecución de la instalación, la empresa instaladora realizará las verificaciones que resulten oportunas, en función de las características de aquella, según se especifica en la ITC-RAT 23, contando para ello con el técnico director de obra a fin de comprobar su correcta ejecución y funcionamiento seguro.

Para su **puesta en servicio** de la instalación en AT, deberán presentar a UFD la documentación prevista en el apartado 4 de esta ITC-RAT 22, con la salvedad de que, para poder emitir el acta de puesta en servicio y autorización de explotación por parte de la Administración pública competente, se debe aportar el **contrato de cesión** entre promotor y entidad de transporte y distribución de energía eléctrica, pero no se requerirá contrato de mantenimiento.

Todas las instalaciones de alta tensión deben ser objeto de una verificación previa a la puesta en servicio y de una inspección periódica, al menos cada tres años. La inspección periódica deberá llevarse a efecto antes de la finalización de la fecha de validez de la anterior inspección. Las instalaciones de tensión nominal superior a 30 kV deberán ser objeto, también, de una inspección inicial antes de su puesta en servicio.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones de alta tensión deberán ser realizadas por las empresas instaladoras que las ejecuten.

Sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la Administración pública, los agentes que lleven a cabo las inspecciones de las instalaciones deberán tener la condición de organismos de control, acreditados para este campo reglamentario.

UFD establece el **entronque** con la red de distribución en un nuevo centro de seccionamiento situado en el propio polígono, dicha conexión se realiza con un cable subterráneo que tiene su origen a 10 Km (Kilómetros) del polígono industrial en la subestación eléctrica más cercana de la zona.

La tensión de suministro será de **20 kV** en un **circuito dúplex** de **240 mm<sup>2</sup>** con el mencionado conductor de **Aluminio** HEPRZ1 12/20 KV, desde dicha red se suministrará la energía necesaria a cada uno de los clientes en BT, previa transformación en los 8 Centros de Transformación del Polígono Industrial.

Otra consideración para tener en cuenta y, de obligado cumplimiento, será que previa a la ejecución del presente proyecto, deberá someterse a aprobación por UFD.

### 1.5 PROPIEDAD DE LA INSTALACIÓN Y PETICIONARIO

La **propiedad** de la instalación eléctrica, como el suelo del polígono industrial, es del **Ayuntamiento de Narón** a fecha 1 de febrero de 2020, aunque ciertas instalaciones eléctricas serán cedidas a UFD según posibilitan las ITC-RAT 22 y 23, evitando usar recursos públicos al Ayuntamiento de Narón para la realización del mantenimiento periódico y obligatorio que indica la ley para este tipo de instalaciones.

Según lo indicado en el párrafo anterior, las instalaciones eléctricas **cedidas a UFD** por parte del Ayuntamiento de Narón serán las que se indican a continuación:

- El Centro de Seccionamiento y equipos asociados.
- Los 8 Centros de Transformación de 400 kVA (Kilo Voltio Amperios) y equipos asociados.
- La Batería de Condensadores de 1.964,89 kVAr (Kilo Voltio Amperios Reactivos) y equipos asociados.
- Red de Media Tensión de 20 kV y equipos asociados.
- Red de BT, Cuadros de BT situados en los CT y equipos asociados hasta las CGP.

En cambio, la **Red de Alumbrado Público**, Cuadros de Alumbrado y equipos asociados, mantendrán la propiedad por parte del Ayuntamiento de Narón sin cesión alguna.

Otras consideraciones para tener en cuenta según las ITC-RAT 22 y 23, **antes de la cesión** a UFD, serán las siguientes:

- Las instalaciones promovidas por terceros, cómo es el caso del presente proyecto, que vayan a ser cedidas antes de su puesta en servicio, y, por tanto, vayan a formar parte

de la red de transporte y distribución, deberán someterse al procedimiento de autorización establecido por la legislación sectorial vigente sin perjuicio de las disposiciones autonómicas en esta materia.

- Si la instalación va a ser cedida a una entidad de transporte o distribución, el propietario que cede la instalación deberá justificar a la entidad de transporte o distribución que la puesta en servicio ha sido realizada según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. Además, en la verificación que se realice previamente a la cesión, tendrá que comprobarse también que la instalación está realizada conforme a las especificaciones particulares de la entidad de transporte o distribución, aprobadas por la Administración pública competente y vigentes en el momento de la cesión. En caso de que la instalación no cumpla estos requisitos, la entidad de transporte o distribución podrá exigir al propietario las modificaciones o ensayos correspondientes para cumplir los requisitos.
- Antes de la cesión, la entidad UFD podrá solicitar las verificaciones que considere oportunas, en lo que se refiere al cumplimiento de las prescripciones del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, y, cuando corresponda, de sus especificaciones particulares, como requisito previo para la aceptación de la instalación, antes de la conexión a su red eléctrica. La entidad aceptará por escrito la cesión de la titularidad de la instalación cedida.
- Si los resultados de las verificaciones no son favorables, la entidad deberá extender un Acta, en la que conste el resultado de las comprobaciones, la cual deberá ser firmada igualmente por el director de obra y el titular de la instalación, dándose por enterados. Dicha Acta en el plazo de un mes, se pondrá en conocimiento de la Administración pública competente, quien determinará lo que proceda.

El **petionario** del presente proyecto es la Escuela Universitaria Politécnica de Ferrol, integrada en la Universidad de A Coruña (UDC), con CIF Q-6550005-J, y situada en la Avenida 19 de Febrero S/N (Sin Número), Ferrol, para servir de TFG por parte del alumno que redacta el proyecto.

## 1.6 EMPLAZAMIENTO

El Sector IV de la Actuación Industrial “RÍO DO POZO” objeto de ordenación por el Plan Parcial de Actuación Industrial, se encuentra en el Casco de Narón, y al Norte y colindante con el Sector III de la misma Actuación Industrial. La situación geográfica y emplazamiento queda reflejada en el plano de Situación (número 1), y en el plano de Emplazamiento (número 2) del presente proyecto.



De conformidad con la mención efectuada sobre la cartografía digitalizada y el plano de Distribución (número 3) del proyecto en cuestión, la superficie comprendida del Polígono Industrial Ártabro es de **45.772,30 m<sup>2</sup>** dentro de la zona Norte-Este del perímetro de delimitación del Sector IV de 935.938 m<sup>2</sup>.

Los límites de planeamiento del Sector IV, graficados en los planos de ordenación, se corresponden, con pequeños ajustes geométricos, con la delimitación prevista en el PGOM, y quedan definidos del modo siguiente:

- Al Norte, coincide con el límite de ese viento de la Actuación “RÍO DO POZO”, formado por fincas particulares, clasificadas como Suelo Rústico Apto para Urbanizar (SRAU) en una línea poligonal dirección Oeste-Este con una dimensión aproximada en proyección horizontal de 2.359 metros (m).
- Al Sur, limita con el Sector III de la Actuación, en una línea poligonal dirección Oeste-Este con una dimensión aproximada en proyección horizontal de 1430 metros.
- Al Este, limita con las fincas adyacentes clasificadas como SRAU en una línea poligonal hasta el límite con el Sector III, con una dimensión aproximada en proyección horizontal de 617 metros.
- Al Oeste, limita con las fincas adyacentes clasificadas como SRAU en una línea poligonal con una dimensión aproximada en proyección horizontal de 629 metros, de cuyo extremo norte parte la conexión de este sector y del resto de la Actuación con la carretera Comarcal C-646.

Los terrenos objeto de la actuación “RÍO DO POZO” cuentan con una topografía escasamente accidentada, con pendientes que oscilan entre un 0,6 y 5 por ciento hacia la vaguada del Río Seco que cruza los terrenos de Norte a Sur. La cota más alta, 71 metros sobre el nivel del mar (msnm), se encuentran en el vértice Noroeste del perímetro del Sector, la más baja, 38 msnm, en la zona Sudeste.

Los suelos que conforman el Sector IV se encuentran libre de edificaciones e instalaciones, con aspecto de medio natural. En la actualidad la mayor parte de los terrenos, 862.540 m<sup>2</sup>, son propiedad del SEPES, excepto 40 fincas de titularidad privada con una superficie total de 73.398 m<sup>2</sup>, por lo que, a la espera de su urbanización con destino al uso industrial, se encuentran sin explotación agrícola.

Desde el punto de vista edafológico, los suelos en superficie son “pardo forestales” con abundancia de humus y matillos con pH ácidos, el suelo en profundidad media es arcilloso, atravesado por algunas vetas de cuarzo. A profundidades variables aparece “pena morta” y la pizarra.

El acceso principal de la Infraestructura Viaria al Sector se efectúa desde el enlace en diamante existente de la vía rápida Ferrol-As Pontes. El Sector cuenta con accesos adicionales desde la carretera Local de Castro a El Val a restituir dentro de la Actuación.

La estación ferroviaria de Transporte Público más próxima es la existente en Ferrol, a 15 Km, aproximadamente.

### 1.7 AUTOR DEL PROYECTO

El autor del presente proyecto de ejecución, así como el responsable de este responde a nombre de **Pablo Morgade Fernández** con el número C-01863 de instalador autorizado en la provincia de La Coruña, al servicio de **Electricidad Ártabra SL** (Sociedad Limitada) con domicilio profesional en la Avenida 19 de Febrero S/N de la población de Ferrol, que ejecutará las obras necesarias y siendo designado en su momento por la propiedad.

### 1.8 CAPÍTULOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO

El proyecto consta de la siguiente estructura documental, presentada en el orden indicado:

- Índice.
- Memoria.
- Anexos.
- Planos.
- Pliego de Condiciones.
- Mediciones.
- Presupuesto.

Cuando sea legalmente exigible un Estudio de Seguridad y Salud, como es el caso, se presentará dentro del documento de Anexos.

### 1.9 COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

El suministro eléctrico al Polígono Industrial “Ártabro” lo hará la compañía **UFD Distribución Electricidad SA** (Sociedad Anónima), tomando la alimentación al Centro de Seccionamiento por medio de su línea de distribución subterránea de Media Tensión (MT) que tiene su origen en la Subestación Eléctrica más cercana a la zona de consumo. Esta línea de distribución en un sistema trifásico es un circuito dúplex de 240 mm<sup>2</sup> de Aluminio HEPRZ1 12/20 kV, (dos conductores por fase) de 10 Km de longitud, mientras que la tensión de suministro es de 20 kV a una frecuencia de 50 Hz (Hercios).

## 1.10 NORMAS Y REFERENCIAS

En este capítulo se relacionan los documentos aplicados para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión de un Polígono Industrial.

### 1.10.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

En este apartado se contempla el conjunto de disposiciones legales de obligado cumplimiento y normas de no obligado cumplimiento que se han tenido en cuenta en la realización del Proyecto y si procede, las normas particulares de la empresa distribuidora.

#### ❖ ELECTRICIDAD:

- ESPAÑA. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23. *Boletín Oficial del Estado*, 9 junio 2014, núm. 139, p. 43598-43728.
- ESPAÑA. Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. *Boletín Oficial del Estado*, 19 marzo 2008, núm. 68, p. 16436-16554.
- ESPAÑA. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. *Boletín Oficial del Estado*, 27 diciembre 2000, núm. 310, p. 45988-46040.
- ESPAÑA. Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional. *Boletín Oficial del Estado*, 31 diciembre 1994, núm. 313, p. 39362-39386.
- ESPAÑA. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. *Boletín Oficial del Estado*, 18 septiembre 2002, núm. 224. Última actualización publicada 6 abril 2019.
- ESPAÑA. Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial. *Boletín Oficial del Estado*, 31 diciembre 2009, núm. 315, p. 112136-112166.
- ESPAÑA. Orden de 12 de diciembre de 1983 por la que se aprueba la norma tecnológica de la edificación NTE-IET «Instalaciones de Electricidad, Centros de Transformación». *Boletín Oficial del Estado*, 23 diciembre 1983, núm. 306, p. 34336-34347.

- ESPAÑA. Normas Particulares de UFD. Especificaciones particulares. Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV, 27 septiembre 2018.
- ESPAÑA. Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- ESPAÑA. Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20 kV, 8 septiembre 2011.
- ESPAÑA. Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de Baja Tensión, 2 septiembre 2011.
- ESPAÑA. Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- ESPAÑA. Proyecto tipo de UFD: Proyecto Tipo para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.

❖ **ALUMBRADO:**

- ESPAÑA. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. *Boletín Oficial del Estado*, 19 noviembre 2008, núm. 279, p. 45988-46057.
- ESPAÑA. Orden de 18 de julio de 1978 por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-IEE/1978, "Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior". *Boletín Oficial del Estado*, 12 agosto 1978, núm. 192, p. 18958-18977.
- ESPAÑA. Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía. *Boletín Oficial del Estado*, 24 enero 1986, núm. 21, p. 3372-3378.
- ESPAÑA. Orden de 16 de mayo de 1989 por la que se modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía. *Boletín Oficial del Estado*, 15 julio 1989, núm. 168, p. 22583-22589.
- ESPAÑA. Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Tomo I, Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto. Ministerio de Fomento.

- ESPAÑA. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado público. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid, marzo de 2001.
- ESPAÑA. Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Anexo II, Criterios Generales para la Redacción de un Proyecto de Alumbrado. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, mayo 2013.
- ESPAÑA. Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Instrucción Técnica Complementaria EA-02, Niveles de Iluminación. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, mayo 2013.
- ESPAÑA. Protocolo de auditoría energética de las Instalaciones de Alumbrado Exterior. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Octubre de 2008.

❖ **ACCESIBILIDAD:**

- GALICIA. Ley 8/1997, del 20 de agosto, de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, 29 agosto 1997, núm. 166. Se Deroga excepto los arts. 40.1 párrafo 1 y 44.1, por Ley 10/2014 de 3 de diciembre de 2014.
- ESPAÑA. Ley 10/2014, de 3 de diciembre, de accesibilidad. *Boletín Oficial del Estado*, 11 marzo 2015, núm. 60, p. 22359-22390.
- GALICIA. Decreto 35/2000, del 28 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de desenvolvimiento y ejecución da Ley de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, 29 febrero 2000, núm. 41, p. 2652-2702.
- ESPAÑA. Ley 51/2003, del 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad. *Boletín Oficial del Estado*, 3 diciembre 2003; suplemento en lengua gallega número 1 del jueves 1 de enero de 2004. Se deroga por Real Decreto Legislativo 1/2013 de 29 noviembre 2013.
- ESPAÑA. Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social. *Boletín Oficial del Estado*, 3 diciembre 2013, núm. 289, p. 95635-95673.

❖ **SUELO:**

- ESPAÑA. Ley 9/2002, de 30 de diciembre, de Ordenación Urbanística y Protección del Medio Rural de Galicia. *Boletín Oficial del Estado*, 21 enero 2003, núm. 18, p. 2650-2708. Se Deroga por Ley 2/2016 de 10 de febrero 2016.

- GALICIA. Ley 2/2016, de 10 de febrero, del suelo de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, 19 febrero 2016, núm. 34, p. 6196-6329.
- ESPAÑA. Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. *Boletín Oficial del Estado*, 31 octubre 2015, núm. 261.

❖ **SEGURIDAD Y SALUD:**

- ESPAÑA. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 noviembre 1995, núm. 269.
- ESPAÑA. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. *Boletín Oficial del Estado*, 25 octubre 1997, núm. 256, p. 30875-30886.
- ESPAÑA. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial del Estado*, 31 enero 1997, núm. 27.
- ESPAÑA. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 23 abril 1997, núm. 97, p. 12911-12918.
- ESPAÑA. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 23 abril 1997, núm. 97, p. 12918-12926.
- ESPAÑA. Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. *Boletín Oficial del Estado*, 12 junio 1997, núm. 140.
- ESPAÑA. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 7 agosto 1997, núm. 188, p. 24063-24070.
- ESPAÑA. Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 13 diciembre 2003, núm. 298, p. 44408-44415.
- ESPAÑA. Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. *Boletín Oficial del Estado*, 31 enero 2004, núm. 27.

- ESPAÑA. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. *Boletín Oficial del Estado*, 21 junio 2001, núm. 148.
- ESPAÑA. Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. *Boletín Oficial del Estado*, 13 noviembre 2004, núm. 274, p. 37486-37489.
- ESPAÑA. Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. *Boletín Oficial del Estado*, 29 mayo 2006, núm. 127, p. 20084-20091.

❖ **MEDIO AMBIENTE:**

- ESPAÑA. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, 11 diciembre 2013, núm. 296.
- ESPAÑA. Ley 1/1995, de 2 de enero, de protección ambiental de Galicia. *Boletín Oficial del Estado*, 16 junio 1995, núm. 143, p. 18070-18077.

❖ **RESIDUOS:**

- ESPAÑA. Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia. *Boletín Oficial del Estado*, 6 diciembre 2008, núm. 294.
- ESPAÑA. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. *Boletín Oficial del Estado*, 26 julio 2011, núm. 181, p. 85650-85705.
- ESPAÑA. Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. *Boletín Oficial del Estado*, 30 julio 1988, núm. 182, p. 23534-23561.
- GALICIA. Decreto 154/1998, de 28 de mayo, por el que se publica el catálogo de residuos de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, 5 junio 1998, núm. 107, p. 6215.
- ESPAÑA. Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. *Boletín Oficial del Estado*, 29 enero 2002, núm. 25, p. 3507-3521.

**❖ CONTRATOS DE OBRAS CON EL SECTOR PÚBLICO:**

- ESPAÑA. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. *Boletín Oficial del Estado*, 9 noviembre 2017, núm. 272, p. 107714-108007.
- ESPAÑA. Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. *Boletín Oficial del Estado*, 26 octubre 2001, núm. 257, p. 39252-39371.

**❖ PLAN URBANÍSTICO DE NARÓN:**

- NARÓN. Plan Urbanístico de Narón, A Coruña. Plan General de Ordenación Municipal (PGOM). Aprobado el 22 de abril de 2002 con adaptación a la Ley del Suelo de Galicia 1/997 de 24 de marzo.
- NARÓN. Memoria, Plan de Etapas y Estudio Económico-Financiero sobre Suelo Industrial del Ayuntamiento de Narón. Plan Parcial de Actuación Industrial (PPAI) del Sector IV “Río do Pozo”. Aprobado el 25 de junio de 2004, Narón, A Coruña.
- NARÓN. Ordenanzas Reguladoras sobre Suelo Industrial del Ayuntamiento de Narón. Plan Parcial de Actuación Industrial (PPAI) del Sector IV “Río do Pozo”. Aprobado el 25 de junio de 2004, Narón, A Coruña.

**❖ ELABORACIÓN DE PROYECTOS:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 157001:2014. *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*. Madrid: AENOR, 2014.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 157701:2006. *Criterios generales para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión*. Madrid: AENOR, 2006.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 157751:2006. *Criterios generales para la elaboración de proyectos de centros de transformación e instalaciones análogas de recepción, maniobra y medida en alta tensión, superior a 1 kV y hasta 66 kV inclusive*. Madrid: AENOR, 2006.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 157601:2007. *Criterios generales para la elaboración de proyectos de actividades*. Madrid: AENOR, 2007.



**❖ ELECTRICIDAD:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 620-9E:2012/1M:2017. *Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (Tipos 9E-1, 9E-3, 9E-4 y 9E-5).* Madrid: AENOR, 2017.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 21144-1-2:1997. *Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.* Madrid: AENOR, 1997.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 21144-1-3:2003. *Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.* Madrid: AENOR, 2003.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 21144-2-2:1997. *Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.* Madrid: AENOR, 1997.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 60071-2:1999. *Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.* Madrid: AENOR, 1999.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 211435:2011. *Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.* Madrid: AENOR, 2011.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 50102:1996. *Grados de protección proporcionados por envoltentes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código IK).* Madrid: AENOR, 1996.

**❖ ALUMBRADO:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 13201-2:2016. *Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones.* Madrid: AENOR, 2016.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 13201-3:2016. *Iluminación de carreteras. Parte 3: Cálculo de prestaciones.* Madrid: AENOR, 2016.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 13201-4:2016. *Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones fotométricas*. Madrid: AENOR, 2016.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 13201-4:2016. *Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas*. Madrid: AENOR, 2016.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 60598-2-3:2003. *Luminarias. Parte 2-3: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público*. Madrid: AENOR, 2003.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 60598-2-5:2016. *Luminarias. Parte 2-5: Requisitos particulares. Proyectores*. Madrid: AENOR, 2016.

❖ **PLANOS:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 7200:2004. *Documentación técnica de productos. Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos*. Madrid: AENOR, 2004.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-027:1995. *Dibujos técnicos. Plegado de planos*. Madrid: AENOR, 1995.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-032/ISO 128:1982. *Dibujos técnicos. Principios generales de representación*. Madrid: AENOR, 1982. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-035:1995. *Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación*. Madrid: AENOR, 1995. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-039:1994. *Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales*. Madrid: AENOR, 1994. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-089-1:1995. *Principios generales para la creación de símbolos gráficos. Parte 1: Símbolos gráficos colocados sobre equipos*. Madrid: AENOR, 1995. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-089-2:1990. *Principios generales para la creación de símbolos gráficos. Parte 2: Símbolos gráficos para utilizar en la documentación técnica de productos*. Madrid: AENOR, 1990. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1-135:1989. *Dibujos técnicos. Lista de elementos*. Madrid: AENOR, 1989. Anulada.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 1166-1:1996. *Documentación técnica de productos. Vocabulario. Parte 1: Términos relativos a los dibujos técnicos: Generalidades y tipos de dibujo*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-0:1998. *Documentación técnica de productos. Escritura. Requisitos generales*. Madrid: AENOR, 1998. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-2:2001. *Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 2: Alfabeto latino, números y signos*. Madrid: AENOR, 2001.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-3:2001. *Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 3: Alfabeto griego*. Madrid: AENOR, 2001.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-4:2001. *Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 4: Signos diacríticos y particulares del alfabeto latino*. Madrid: AENOR, 2001.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-5:1998. *Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 5: Escritura en diseño asistido por ordenador (DAO), del alfabeto latino, las cifras y los signos*. Madrid: AENOR, 1998.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 3098-6:2001. *Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 6: Alfabeto cirílico*. Madrid: AENOR, 2001.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5455:1996. *Dibujos Técnicos. Escalas*. Madrid: AENOR, 1996.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5456-1:2000. *Dibujos Técnicos. Métodos de proyección. Parte 1: Sinopsis*. Madrid: AENOR, 2000.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5456-2:2000. *Dibujos Técnicos. Métodos de proyección. Parte 2: Representaciones ortográficas*. Madrid: AENOR, 2000.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5456-3:2000. *Dibujos Técnicos. Métodos de proyección. Parte 3: Representaciones axonométricas*. Madrid: AENOR, 2000.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5457:2000. *Documentación técnica de productos. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo*. Madrid: AENOR, 2000.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 5457:2000/A1:2010. *Documentación técnica de productos. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo. Modificación 1*. Madrid: AENOR, 2010.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 6433:2012. *Documentación técnica de productos. Referencia de los elementos. Ratificación de documentos europeos, julio 2012*. Madrid: AENOR, 2012.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 6433:1996. *Dibujos técnicos. Referencia de los elementos*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 10209-2:1996. *Documentación técnica de producto. Vocabulario. Parte 2: términos relacionados con los métodos de proyección*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 11442-1:1996. *Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 1: Requisitos de seguridad*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 11442-2:1996. *Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 2: Documentación original*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 11442-3:1996. *Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 3: Fases del proceso de diseño de productos*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 11442-4:1996. *Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 4: Gestión de documentos y sistemas de búsqueda documental*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
  - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 81714-1:2010. *Diseño de símbolos gráficos utilizables en la documentación técnica de productos. Parte 1: Reglas fundamentales*. Madrid: AENOR, 2010.
- ❖ **MEDICIONES:**
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-0:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 0: Principios generales*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-1:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 1: Espacio y tiempo*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-2:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 2: Fenómenos periódicos y conexos*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-3:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 3: Mecánica*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-4:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 4: Calor*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-5:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 5: Electricidad y magnetismo*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-6:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 6: Luz y radiaciones electromagnéticas conexas*. Madrid: AENOR, 1996.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-7:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 7: Acústica*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-8:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 8: Química, física y física molecular*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-9:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 9: Física atómica y nuclear*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-10:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 10: Reacciones nucleares y radiaciones ionizantes*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-11:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 11: Signos y símbolos matemáticos para su uso en ciencias físicas y en tecnología*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-12:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 12: Números característicos*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 82100-13:1996. *Magnitudes y unidades. Parte 13: Física del estado sólido*. Madrid: AENOR, 1996. Anulada.

❖ **PRESENTACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EN FORMATO PAPEL:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 216:2008. *Papel de escritura y ciertos tipos de impresos. Formatos acabados. Serie A y B, e indicador de dirección máquina*. Madrid: AENOR, 2008.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 50-132:1994. *Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos*. Madrid: AENOR, 1994.

❖ **BIBLIOGRAFÍA:**

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE ISO 690:2013. *Información y documentación. Directrices para la redacción de referencias bibliográficas y de citas de recursos de información*. Madrid: AENOR, 2013.

Además de las disposiciones legales y normas mencionadas en este apartado, la obra debe cumplir en todo momento con la normativa vigente y disposiciones aplicables, impuestas por instituciones públicas o empresas autorizadas, en el momento de ejecución del presente proyecto.

### 1.10.2 Bibliografía

❖ **Bibliografía Impresa (Libros):**

- KOTHARI, D. P. e I. J. NAGRATH. *Sistemas eléctricos de potencia*. 3ª ed. México D.F.: McGraw Hill, 2008.
- GARCÍA TRASANCOS, José. *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. 7ª ed. Madrid: Paraninfo, 2016.
- SA LAGO, Alfred y otros. *Proyecto, cálculos y mediciones de iluminación*. Mic, 2011.
- SAN MARTÍN PÁRAMO, Ramón. *Aplicaciones de alumbrado exterior*. Mic, 2011.

❖ **Bibliografía Digital (Catálogos):**

- PRYSMIAN. *Soluciones para media tensión: cables y accesorios 2016* [en línea]. Vilanova i la Geltrú: Prysmian, 2016. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 7.25 MB. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/355906152/2016-prysmiancatalogomt-2016-pdf>

- GENERAL CABLE. *GC-18: tarifa de precios enero 2018* [en línea]. Barcelona: General Cable, 2018 [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 3.25 MB. Disponible en:  
[https://seit-instalaciones.com/descargas/tarifa\\_general\\_2017\\_general-cable.pdf](https://seit-instalaciones.com/descargas/tarifa_general_2017_general-cable.pdf)
- GENERAL CABLE. *Cables de baja tensión* [en línea]. Barcelona: General Cable, 2018 [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 4.05 MB. Disponible en:  
[https://www.generalcable.com/eu/gc\\_pvapp/1961?utm\\_source=documentES&utm\\_medium=link&utm\\_campaign=TdP0118#page/55](https://www.generalcable.com/eu/gc_pvapp/1961?utm_source=documentES&utm_medium=link&utm_campaign=TdP0118#page/55)
- GENERAL CABLE. *Cables de media tensión* [en línea]. Barcelona: General Cable, 2017 [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 5.67 MB. Disponible en:  
[https://www.generalcable.com/eu/gc\\_pvapp/1802?utm\\_source=documentES&utm\\_medium=link&utm\\_campaign=TdP0118#page/57](https://www.generalcable.com/eu/gc_pvapp/1802?utm_source=documentES&utm_medium=link&utm_campaign=TdP0118#page/57)
- CHINT. *Catálogo general: versión 1/2018* [en línea]. Las Rozas: Chint, 2018. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 27.3 MB. Disponible en:  
<https://www.gescomlevante.es/wp-content/uploads/2018/07/Catalogo-Tarifa-2018-Chint-Espana.pdf>
- PHILIPS LIGHTING SPAIN S.L.U. *Ficha técnica 2020* [en línea]. Madrid: Philips Spain S.L.U., 2020. [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
[https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/luma/912300023804\\_EU/product](https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/luma/912300023804_EU/product)
- HISPANOFIL. *Catálogo de productos Hispanofil 2014: Accesorios de iluminación, báculos y columnas* [en línea]. Burgos: Hispanofil, 2014. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 1.42 MB. Disponible en:  
[http://www.sonibetica.es/web/hispanofil/docftp/030302\\_baculos\\_y\\_columnas.pdf](http://www.sonibetica.es/web/hispanofil/docftp/030302_baculos_y_columnas.pdf)
- PINAZO. *Accesorios, material eléctrico: lista de precios, enero 2015* [en línea]. Algete: Pinazo, 2015. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 4.53 MB. Disponible en:  
<http://pinazo.com/docs/accesorios-pnz.pdf>
- CIRCUTOR. *Catálogo Circutor 2016: gama de productos* [en línea]. Viladecavalls: Circutor S.A., 2014. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 19.2 MB. Disponible en:  
[https://www.gasfriocalor.com/images/SMM/Catalogo\\_CIRCUTOR.pdf](https://www.gasfriocalor.com/images/SMM/Catalogo_CIRCUTOR.pdf)

- CIRCUTOR. *Soluciones para la compensación de energía reactiva en Media Tensión: tecnología para la eficiencia energética* [en línea]. Viladecavalls: Circutor S.A., 2013. [consulta: 4 enero 2020]. Formato PDF, 2.97 MB. Disponible en:

[http://circutor.com/docs/MitjaTensio\\_SP\\_Cat.pdf](http://circutor.com/docs/MitjaTensio_SP_Cat.pdf)

❖ **Bibliografía Digital (Páginas Web):**

- Repositorio institucional de la Universidad de la Coruña (RUC) [en línea]. A Coruña: RUC, 2013 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/14389/recent-submissions>

- Biblioteca de la Escuela Universitaria Politécnica [en línea]. Ferrol: Biblioteca EUP, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<http://bibliotecaeup.cdf.udc.es/index.php/es/tfg-menu-es/tfg-consulta-es/89-castelan/tfg-es/1440-tfg-electrica>

- CYPE [en línea]. Alicante: CYPE, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

[http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Instalaciones/Electricas/Puesta\\_a\\_tierra/Red\\_de\\_toma\\_de\\_tierra\\_para\\_estructura.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Electricas/Puesta_a_tierra/Red_de_toma_de_tierra_para_estructura.html)

- CIRCUTOR [en línea]. Viladecavalls: CIRCUTOR, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<http://circutor.es/es/productos/compensacion-de-energia-reactiva-y-filtrado-de-armonicos/baterias-de-condensadores-para-media-tension>

- PINAZO [en línea]. Algete: PINAZO, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<http://pinazo.com/union-fenosa-distribucion>

- SUMIDEEC [en línea]. Socuéllamos: SUMIDEEC, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<https://www.sumidelec.com/compania-electrica-modulos-contador>

- DIELECTRO INDUSTRIAL [en línea]. Arteixo: DIELECTRO INDUSTRIAL, 2014 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

[https://tiendadielectroindustrial.sonepar.es//jsp-dindustrial/tienda/index.jsp?P\\_CODART=11591300&P\\_TIPO\\_REFART=fab&P\\_MODAL=PH&pl\\_xact=95b4c246-e930-459c-a7c6-beb98da498ac](https://tiendadielectroindustrial.sonepar.es//jsp-dindustrial/tienda/index.jsp?P_CODART=11591300&P_TIPO_REFART=fab&P_MODAL=PH&pl_xact=95b4c246-e930-459c-a7c6-beb98da498ac)

- HISPANOFIL [en línea]. Burgos: HISPANOFIL, 2015 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:

<https://hispanofil.es/catalogo-hispanofil/>



- CENTRAL ELECTRO VENTAS [en línea]. Sabadell: CENTRAL ELECTRO VENTAS, 2018 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
[https://www.centralelectroventas.com/interruptor-horario-astronomico-ih-ast-mc1-1-canal-semanal.html?gclid=CjwKCAiA6bvwBRBbEiwAUER6JdvzIAzmwrQkDAIH3ShlrU1ffPDQGWRXaSOv8kGnjWuRMVsxTitryxoCwNYQAvD\\_BwE](https://www.centralelectroventas.com/interruptor-horario-astronomico-ih-ast-mc1-1-canal-semanal.html?gclid=CjwKCAiA6bvwBRBbEiwAUER6JdvzIAzmwrQkDAIH3ShlrU1ffPDQGWRXaSOv8kGnjWuRMVsxTitryxoCwNYQAvD_BwE)
- LA OBRA.ES [en línea]. Alicante: LA OBRA.ES, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
<https://www.laobra.es/tubos-electricos/enterrados/urbanizacion-drl.html>
- MOUSER ELECTRONICS [en línea]. El Prat de Llobregat: MOUSER ELECTRONICS, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
[https://www.mouser.es/Passive-Components/Capacitors/Aluminum-Electrolytic-Capacitors/Aluminum-Electrolytic-Capacitors-Radial-Leaded/\\_/N-75hqw](https://www.mouser.es/Passive-Components/Capacitors/Aluminum-Electrolytic-Capacitors/Aluminum-Electrolytic-Capacitors-Radial-Leaded/_/N-75hqw)
- DIGI KEY ELECTRONICS [en línea]. Minnesota, USA: DIGI KEY ELECTRONICS, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
<https://www.digikey.com/products/es/capacitors/3>
- MOUSER ELECTRONICS [en línea]. El Prat de Llobregat: MOUSER ELECTRONICS, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
[https://www.mouser.es/Passive-Components/Inductors-Chokes-Coils/\\_/N-5gb4](https://www.mouser.es/Passive-Components/Inductors-Chokes-Coils/_/N-5gb4)
- DIGI KEY ELECTRONICS [en línea]. Minnesota, USA: DIGI KEY ELECTRONICS, 2020 [consulta: 4 enero 2020]. Disponible en:  
<https://www.digikey.com/products/es/inductors-coils-chokes/4?newproducts=1>

### 1.10.3 Programas de cálculo

- MATHWORKS. Matlab R2015a [software]. Portola Valley, California [USA]: Matlab, R2015a [consulta: 4 enero 2020]. Versión 8.5.0.184244. Empleado en el diseño de líneas eléctricas de Media Tensión.
- DIAL GMBH. DIALux 4.13 [software]. Lüdenscheid [Alemania]: DIALux, 4.13 [consulta: 4 enero 2020]. Versión 4.13.0.2. Empleado en el diseño del Alumbrado Público.
- AUTODESK. AutoCAD 2018 [software]. San Rafael, California [USA]: Autodesk, 2018 [consulta: 4 enero 2020]. Versión R22.0.49.0.0. Empleado en el diseño de planos asistidos por ordenador.

- SCHNEIDER ELECTRIC. SIScet 8.0 [software]. Le Creusot [Francia]: SIScet, 8.0 [consulta: 4 enero 2020]. Versión 8.01.0004. Empleado en el diseño del Centro de Seccionamiento y los Centros de Transformación.
- MICROSOFT OFFICE. Microsoft Excel Professional Plus 2016 [software]. Albuquerque, Nuevo México [USA]: Microsoft Office, 365 ProPlus [consulta: 4 enero 2020]. Versión 16.0.12228.20364. Empleado en el diseño de líneas de Baja Tensión, realización de cálculos numéricos y tablas.
- MICROSOFT OFFICE. Microsoft Word Professional Plus 2016 [software]. Albuquerque, Nuevo México [USA]: Microsoft Office, 365 ProPlus [consulta: 4 enero 2020]. Versión 16.0.12228.20364. Empleado en la elaboración de textos y redacción del proyecto.
- FOXIT SOFTWARE. Foxit Phantom PDF 7.0 [software]. Fremont, California [USA]: Foxit Phantom PDF, 7.0 [consulta: 4 enero 2020]. Versión 1.7. Empleado para hacer anotaciones, convertir texto, subrayar y dibujar en un archivo PDF.

#### **1.10.4 Otras referencias**

- Apuntes de la asignatura: Transporte de Energía Eléctrica, 2018. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02036 [consulta 4 enero 2020].
- Apuntes de la asignatura: Oficina Técnica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02034 [consulta 4 enero 2020].
- Apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02040 [consulta 4 enero 2020].
- Apuntes del Ciclo Superior de Instalaciones Electrotécnicas, 2000. IES (Instituto de Enseñanza Secundaria) Marqués de Suanzes, Ferrol, A Coruña [consulta 4 enero 2020].

#### **1.10.5 Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto**

Antes de la ejecución de cualquier trabajo, derivado de la adjudicación de la obra a cada uno de los Contratistas involucrados en el Proyecto, éstos, deben documentar al Director Técnico, toda la información que pueda certificar y garantizar que los materiales utilizados en la obra cumplen con la homologación necesaria para el uso al que están destinados en la ejecución del Proyecto, además de, garantizar que los operarios intervinientes en la obra tienen todas las competencias y aptitudes necesarias para el trabajo que deben desempeñar. Por lo tanto, no se podrán utilizar materiales, personas, subcontratas o cualquier servicio necesario para el desarrollo de la obra, sin contar con la aceptación de forma expresa por parte del Director Técnico.

El director del Proyecto será el responsable de inspeccionar si todos los elementos instalados cumplen con lo mínimo exigido según las especificaciones previamente

acordadas entre las partes que intervienen en la realización de la obra, y podrá rehusar en todo momento cualquier elemento que no cumpla con dichas especificaciones.

El Director Técnico y el Contratista aceptarán de manera expresa, mediante la firma de ambas partes, un documento de Calidad Concertada, que garantiza por parte del Contratista las condiciones mínimas acordadas para la idoneidad de los materiales, personal, condiciones impuestas por la legislación vigente, ordenanzas aplicables o cualquier norma de obligado cumplimiento por su inclusión en disposiciones legales.

La Calidad Concertada define la obligación, y no prohíbe, al Director Técnico de encargar puntualmente la realización de los análisis necesarios o ensayos que considere oportunos, que permitan verificar la calidad de los materiales y los elementos que componen la instalación, ya sea a pie de obra o en pruebas en fábrica. Estos análisis pueden ser realizados por laboratorios independientes o el Contratista, pero siempre bajo la supervisión del Director Técnico.

El Contratista es el responsable, mientras dure la ejecución de las obras que componen el Proyecto, de todos los perjuicios directos o indirectos, ocasionados a cualquier persona, propietario o propietaria, servicio de carácter público o privado, así como de las consecuencias derivadas por la actuación del personal que realice el trabajo, además de las deficiencias o negligencias incluidas en la organización de la obra que compone el Proyecto.

### **1.11 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS**

Durante todo el Proyecto se utilizan una serie de abreviaturas que simplifican la lectura. La primera vez que se utilice la abreviatura, se pondrá entre paréntesis a continuación de la palabra que, en lo sucesivo, va a sustituir.

A: Amperio.

AL: Aluminio.

AR URB: Área de reparto de urbanización.

AT: Alta Tensión.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

BOP: Boletín Oficial de la Provincia.

BTVC: Base tripolar vertical cerrada.

BT: Baja tensión.

BUC: Base unipolar cerrada.

CC: Centralización de contadores.

CD: Candela.

CGMP: Caja general de mando y protección.

CGP: Caja general de protección.

CIE: Certificado de instalaciones eléctricas (en baja tensión).

CLIENTE O TITULAR: Persona física o jurídica propietaria de la instalación de consumo o generación que se conecta a la red de distribución.

CM: Centímetros.

CONEXIÓN EN DERIVACIÓN: Tipo de conexión que se realiza de forma que existe un camino único del flujo de la energía desde la red de distribución al consumo o generación.

CP/BTVC: Cuadro de protección con bases tripolares verticales cerradas.

CPM: Caja de protección y medida.

CPMC: Centro de protección y medida de cliente. Instalación situada aguas abajo del punto de conexión con la red de distribución, donde se ubicarán los elementos de protección y la medida de la instalación del cliente.

CS: Centro de Seccionamiento. Instalación propiedad de UFD que conecta la red de distribución con la instalación del cliente por medio de elementos tipo interruptor - seccionador. Generalmente posee celdas para la conexión a la red de distribución (entrada y salida), conexión con la instalación del cliente y servicios auxiliares.

CT: Centro de transformación. Instalación con uno o varios transformadores, aparataje de alta tensión y baja tensión, conexiones y elementos auxiliares, para suministrar energía en baja tensión a partir de alta tensión o viceversa (generación hacia alta tensión).

CTE: Código técnico de la edificación.

CU: Cobre.

DAO: Diseño asistido por ordenador.

DERIVADA PRINCIPAL: Viene definida por el camino que se sigue al recorrer la derivada tomando, en las bifurcaciones, el de mayor capacidad de transporte o, en caso de igualdad de esta, el de mayor potencia aguas abajo.

DERIVADA SECUNDARIA: que son los caminos de la derivada que no forman parte de la derivada principal.

DGMP: Dispositivos generales de mando y protección.

DI: Derivación individual.

DOGA: Diario Oficial de Galicia.

E/S: Conexión en entrada y salida. Tipo de conexión que se realiza de forma que existen dos posibles caminos del flujo de la energía desde la red de distribución al consumo o generación.

EUP: Escuela Universitaria Politécnica.

EPR: Etileno propileno.

EQUIPOTENCIALIDAD: Característica de aquellas instalaciones que comparten una misma red de tierra.

ETAP: Estación de Tratamiento de Agua Potable.

F: Faradio.

H: Henrio.

HAS: Hectáreas.

HEPRZ1: Etileno propileno con cubierta exterior de poliolefina libre de halógenos.

HV: Hormigón vibrado.

HZ: Hercio.

ICP: Interruptor de Control de Potencia.

ID: Interruptor Diferencial.

IES: Instituto de Enseñanza Secundaria.

IGA: Interruptor general automático.

IK: International knocking (índice de protección contra impactos mecánicos).

IP: International protection (índice de penetrabilidad de objetos en envoltorios).

ITC: Instrucción técnica complementaria (al RAT o RBT).

KM: Kilómetros.

KV: Kilovoltios.

KVA: Kilo Voltio Amperios.

KVAR: Kilo Voltio Amperios Reactivos.

KW: kilovatio.

LA: Línea de alimentación

LGA: Línea general de alimentación.

LÍNEA DERIVADA: Conjunto de instalaciones conectadas a una línea principal por medio de un elemento de maniobra y/o protección y que no cumple las condiciones de racimo.

**LÍNEA PRINCIPAL:** Línea de alimentación que tiene su origen en el interruptor automático de la salida de MT de la subestación y su final en el punto de apoyo con otra línea, a través del cual se puede socorrer toda su potencia. En el camino de línea principal hasta el punto de apoyo se conectarán en general los CT y CS, o agrupaciones de estos: derivadas (principales o secundarias) y racimos.

**LM:** Lumen.

**LX:** Lux.

**M:** Metros.

**M<sup>2</sup>:** Metros cuadrados.

**MM:** Milímetros.

**MM<sup>2</sup>:** Milímetros cuadrados.

**MSNM:** Metros sobre el nivel del mar.

**MT:** Media Tensión. Alta tensión hasta 36 kV, inclusive.

**OR:** Ordenanzas Regulatoras.

**PGOM:** Plan General de Ordenación Municipal.

**PIA:** Pequeño interruptor automático.

**POSICIÓN O ELEMENTO DE INTERCONEXIÓN:** Elemento de maniobra ubicado inmediatamente antes del punto frontera, que tiene las funcionalidades de conexión y desconexión de la instalación del cliente de la red de distribución tanto por operación local, como en su caso por telecontrol o acción de protecciones y/o automatismos.

**PP:** Plan Parcial.

**PPAI:** Plan Parcial de Actuación Industrial.

**PROMOTOR:** Persona física o jurídica que impulsa, programa y/o financia, con recursos propios o ajenos, la ejecución de las instalaciones de conexión y refuerzo establecidas reglamentariamente. Es la que solicita la conexión, sin que tenga que ser necesariamente titular final de la instalación.

**PROYECTO TIPO:** Son manuales técnicos que establecen y justifican datos técnicos necesarios para el diseño y cálculo de instalaciones. Cuando las empresas de transporte y distribución eléctrica dispongan de proyectos tipo para determinadas instalaciones, el proyecto técnico administrativo de las mismas complementará al proyecto tipo en todos los aspectos particulares de la instalación a ejecutar, en especial en lo relativo a la instalación de puesta a tierra. (ITC-RAT 20 del RD 337/2014).

**PUNTO FRONTERA:** Punto en el que la instalación eléctrica del cliente se une con la red de distribución y que marca el límite físico de ambas instalaciones. Estará ubicado en el accesorio de conexión entre la posición o elemento de interconexión y el cable aislado o conductor aéreo hacia la instalación del cliente.

**RACIMO:** Conjunto de instalaciones que, en general, pueden estar conectadas a la línea principal o derivada, con un elemento de maniobra y protección común y que cumplen una serie de condiciones de potencia instalada, número de transformadores y longitud de sus tramos: El número máximo de centros de transformación agrupados es 8; La longitud de red máxima desde cualquier centro de transformación al punto donde está situado el elemento de cabecera del racimo es de 4 km; La potencia total instalada máxima es de 800 kVA.

**RAD:** Radián.

**RAT:** Reglamento de Alta Tensión.

**RBT:** Reglamento electrotécnico para baja tensión.

**RD:** Real Decreto.

**RED APOYADA:** Conjunto de instalaciones de la red de distribución que, en el caso de indisponibilidad de algún elemento, se les puede dar una alternativa de alimentación con la realización de maniobras en instalaciones existentes.

**RED DE AT:** Red de distribución de UFD de alta tensión con tensión nominal mayor de 36 kV.

**RED DE MT:** red de distribución de UFD de alta tensión con tensión nominal hasta 36 kV, inclusive.

**RUC:** Repositorio institucional de la Universidad de la Coruña.

**RV:** Aislamiento de polietileno reticulado (R) y Cubierta de PVC (V).

**S:** Segundo.

**SA:** Sociedad Anónima.

**SEPES:** Entidad Pública Empresarial de Suelo.

**SL:** Sociedad Limitada.

**S/N:** Sin Número.

**SRAU:** Suelo Rústico Apto para Urbanizar.

**TFG:** Trabajo Fin de Grado.

**UFD:** Unión Fenosa Distribución.

UD: Unidades.

UNE: Una norma española.

UDC: Universidad de A Coruña.

V: Voltio.

XLPE: Polietileno reticulado.

Ø: Diámetro.

°: Grados.

°C: Grados Celsius.

μ: Micro.

Ω: Ohmio.

%: Por ciento.

### 1.12 REQUISITOS DE DISEÑO

La Memoria del **PPAI** del sector IV del polígono Río do Pozo establece los requisitos mínimos de diseño del Polígono Industrial Ártabro. El Plan Industrial se fundamenta en el marco legal establecido por la Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones, junto con la Ley 9/2002, de 30 de diciembre, del Suelo de Galicia, y el **PGOM** de Narón. Estos tres documentos constituyen el soporte legal básico de carácter urbanístico para la ejecución del presente Proyecto.

La **Ley 9/2002** del Suelo de Galicia en su artículo 47, Calidad de vida y cohesión social, determina para suelos urbanizables con uso industrial las siguientes dotaciones urbanísticas:

- Sistemas de espacios Libres Públicos destinados a parques, jardines, áreas de ocio, expansión y recreo de la población: 10% de la superficie total del ámbito.
- Sistema de Equipamientos Públicos destinados a la prestación de servicios sanitarios, asistenciales, educativos, culturales, deportivos y otros que sean necesarios: el 2% de la superficie del ámbito.
- Plazas de Aparcamientos de vehículos: una plaza de aparcamiento por cada 100 metros cuadrados edificables, de las que, al menos, la cuarta parte será de dominio público.

En cuanto al aprovechamiento del suelo urbanizable delimitado de uso industrial, el artículo 46 de la Ley 9/2002, Límites de sostenibilidad, el apartado 5 indica que en suelo urbano no consolidado y suelo urbanizable delimitado de uso industrial no se permitirá una



ocupación del terreno por las construcciones superior a las dos terceras partes de la superficie del ámbito.

El computo de la superficie edificable se realizará con arreglo con el mismo artículo 46 en el apartado 6, para la determinación de la superficie edificable total deberán tenerse en cuenta las siguientes reglas:

- Se computarán todas las superficies edificables de carácter lucrativo, cualquiera que sea el uso al que se destinen, incluidas las construidas en el subsuelo y los aprovechamientos bajo cubierta, con la única excepción de las construidas en el subsuelo con destino a aparcamientos e instalaciones de calefacción, electricidad o análogas.
- El índice de edificabilidad se aplicará sobre la superficie total del ámbito, computando los terrenos destinados a nuevos sistemas generales incluidos en el mismo, y con exclusión, en todo caso, de los terrenos reservados para dotaciones públicas existentes que el plan mantenga, y de los destinados a sistemas generales adscritos a efectos de gestión que se ubiquen fuera del ámbito.

Por último, este Plan Parcial, PPAI, tiene en cuenta las determinaciones establecidas por el artículo 64 de la Ley del Suelo de Galicia, Determinaciones de los planes parciales, en todos sus apartados (“a” al “l”), para el desarrollo de este Sector IV del PGOM.

El PGOM de Narón, establece para este Suelo Urbanizable Industrial las siguientes determinaciones urbanísticas:

- Inclusión Áreas Reparto: El suelo urbanizable I.I constituye un área de reparto diferenciada, denominada A.R. URB. I.I.
- Superficie: 144,60 Hectáreas (Has.), (1.446.000 m<sup>2</sup>).
- Edificabilidad: 0,6 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> sobre la totalidad del suelo.
- Uso: Industrial.
- Aprovechamiento Tipo: 0,6 m<sup>2</sup> edificables del uso característico (Industrial) por cada m<sup>2</sup> de suelo.
- Condiciones de Ordenación: Las establecidas en el correspondiente Plan Parcial conforme al completamiento suelo industrial ya urbanizado.
- Parcela Mínima: La fijada por el Plan Parcial para cada tipo de industria.
- Condiciones Gestión: El Plan parcial se desarrollará, preferentemente, por los Sistemas de Compensación o Cooperación.

Los **objetivos y criterios** de la ordenación propuesta pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

La rápida preparación del suelo necesario para la puesta en mercado de las parcelas industriales a coste razonable y adecuadas para la implantación de dichas actividades, mediante una ordenación racional del territorio que permita la implantación de nuevas industrias y el traslado, fuera del casco urbano, de entidades económicas que por sus características resultan incompatibles con su actual emplazamiento.

Asimismo, se pretende lograr una distribución zonal del territorio que sea óptima para atender adecuadamente los requisitos específicos de cada uso, establecer una articulación adecuada con los usos de los terrenos colindantes, localizar convenientemente y en cuantía prescrita en la legislación vigente los Sistemas de Espacios Libres Públicos y de Equipamiento, y obtener el máximo aprovechamiento del suelo restante para el destino previsto.

Se enumeran a continuación los criterios seguidos en la ordenación de los terrenos para la consecución de los objetivos generales descritos anteriormente.

- Armonizar la morfología inicial del terreno con las pendientes resultantes después de realizar los movimientos de tierras. La solución propuesta trata de adaptarse a las condiciones naturales del terreno que permita disponer un viario adaptado al mismo y obtener el máximo aprovechamiento y así conseguir la máxima economía en los precios finales del suelo urbanizado.
- Dimensionar las manzanas resultantes de forma que sea posible la diversidad de parcelas industriales, permitiendo la implantación de diferentes tamaños de industrias.
- Proyectar unos esquemas de servicios urbanísticos que, cumpliendo con los necesarios estándares de calidad exigidos, resulten razonables en su coste

La **distribución zonal** de la ordenación tiene tres condicionantes: el cauce del río Seco, el eje viario que recorre la Actuación de Norte a Sur y la necesidad de conexión del conjunto de la Actuación a través de este Sector IV con el Norte y el Noroeste (C-646) de este municipio y los de Valdoviño y Cedeira.

La presencia del cauce del río Seco al Este del eje viario Norte - Sur, aconseja que en sus proximidades se ubiquen los espacios libres de uso y dominio público, así como los equipamientos, contribuyendo a la protección y disfrute de ese espacio natural.

En la zona Norte de ese Sector y coincidiendo con el cauce del río Seco, se genera una superficie de espacio libre que se recomienda mantener en estado natural, con simple limpieza selectiva de la flora, respetando la topografía del cauce y su entorno, solucionando el encuentro con la traza urbanizada por medio de una represa que marque el carácter de

“humedal”. De este modo, la transición del conjunto de la Actuación con los terrenos colindantes se enriquecerá de la calidad paisajística actual.

La vía Ferrol - As Pontes, procedente de la A-6 y la autovía del Norte desde Villalba, constituye un eje industrial de importante futuro que atraviesa la Actuación en su conjunto de Este a Oeste y sirve a la misma por medio de un enlace de diamante con el viario Norte - Sur propio y ordenador de la Actuación Industrial “Río do Pozo”.

El Sector IV mantiene la generación de espacios libres, dotacionales y parcelario en prolongación del trazado del Sector III.

La necesidad de conexión con la C-646 y la profundidad Norte - Sur del Sector, ha generado una vía principal en sentido Este - Oeste polarizando una nueva centralidad en el Norte de la Actuación.

Las dimensiones de este Sector aconsejan el perfil de este vial Este – Oeste con vocación de entrada alternativa, conexión con el territorio existente y centro más específico de este Sector IV.

En esta ordenación pormenorizada, la parcelación propuesta, que tiene carácter indicativo, pretende dar respuesta a la demanda prevista, y se fundamenta en las tipologías de las parcelas solicitadas por los industriales en los sectores I, II y III de actuación, predominando las parcelas industriales de superficie menor a 1500 m<sup>2</sup>. La superficie total destinada a uso industrial asciende a 29.681,11 m<sup>2</sup>, con la siguiente distribución:

- Industria pequeña o Adosada con una superficie total de 29.681,11 m<sup>2</sup>.

La calificación pormenorizada del suelo que resulta de la ordenación efectuada, de conformidad con la medición realizada sobre el plano de Distribución (número 3), es la siguiente:

- Industria pequeña o Adosada A: 29.681,11 m<sup>2</sup>; 64,85%; Lucrativo.
- Total, Industria: 29.681,11 m<sup>2</sup>; 64,85%; Lucrativo.
- Sistema de Equipamientos Públicos: 929,18 m<sup>2</sup>; 2,03%; Público-Cesión.
- Sistema de Espacios Libres Públicos: 4.796,94 m<sup>2</sup>; 10,48%; Público-Cesión.
- Viario (incluida reserva viaria): 10.365,07 m<sup>2</sup>; 22,64%; Público-Cesión.
- Total, Superficie: 45.772,30 m<sup>2</sup>; 100%.

Estos porcentajes son los que corresponderían al Polígono Industrial Ártabro (45.772,30 m<sup>2</sup>). Estos valores, como el resto que se indican a partir de este apartado, no deben tratarse de forma individualizada, y serían válidos si se verifican en similar proporción al integrarlos dentro de la Actuación del Plan Parcial del Sector IV (935.938 m<sup>2</sup>),

por lo tanto, para así cumplir con los requisitos que indica el artículo 47 de la Ley 9/2002 del Suelo de Galicia.

La **división en polígonos** del PGOM de Narón, establece que el suelo urbanizable I.I constituye un área de reparto diferenciada, denominada A.R. URB. I.I con una superficie de 144,60 Has. que engloba los Sectores III y IV.

El Plan Parcial del Sector III, aprobación definitivamente, delimitó un único polígono coincidente con el ámbito neto del sector III, una vez excluido el Sistema General Viario ya ejecutado.

El Plan Parcial del Sector IV, dada la necesidad inmediata de ofrecer suelo industrial urbanizado, se delimita para la ejecución del Sector IV, UN SOLO POLÍGONO de ejecución que abarque la totalidad del Sector, que se podrá desarrollar por fases urbanizadoras de acuerdo con el correspondiente Proyecto de Urbanización que preceptivamente habrá de tramitarse.

El **sistema de Actuación** del PGOM, fija como preferentes los Sistemas de Compensación o Cooperación para el desarrollo del Plan Parcial.

El PAU “RÍO DO POZO” estableció, en su momento, el procedimiento expropiatorio para el desarrollo de los cuatro sectores. En la actualidad la mayor parte de los terrenos del Sector IV son Titularidad Pública, al haber sido adquiridos a sus antiguos propietarios por compra amistosa, tras la firma del Convenio con el Ayuntamiento. Por esta circunstancia y dado el reducido tamaño de las parcelas que restan por adquirir, y la urgencia en ofrecer suelo industrial urbanizado, se establece para el desarrollo del POLÍGONO el sistema de EXPROPIACIÓN, siendo el organismo titular de la potestad expropiatoria, el Municipio y correspondiendo la condición beneficiaria de la misma a SEPES, de conformidad con lo establecido, entre otras, en las siguientes disposiciones:

- Artículo 5.6 del Real Decreto Ley 12/1980, de 26 de septiembre (BOE del 3 de octubre 1980).
- Artículo 4.3 de los Estatutos de SEPES.

Respecto a la **adecuación a las determinaciones de rango superior**, el PPAI desarrolla las determinaciones establecidas en el PGOM de Narón, aprobado definitivamente el 22 de abril de 2002 (Boletín Oficial de la Provincia (BOP) de A Coruña de 10 de junio del 2002).

El Plan General limita la edificabilidad del área de reparto A.R. URB. I.I, formada por los sectores III y IV, a  $0,6 \text{ m}^2/\text{m}^2$ , sobre la totalidad del suelo.

- Aprovechamiento Sector III =  $0,3958 \text{ m}^2/\text{m}^2$  (Plan Parcial (PP) aprobado definitivamente).

- $(\text{Aprovechamiento Sector IV}) - (\text{Aprovechamiento Sector III}) \leq 15\% * 0,60 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .
- $\text{Aprovechamiento Sector IV} \leq (0,15 * 0,60) \text{ m}^2/\text{m}^2 + 0,3958 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .
- $\text{APROVECHAMIENTO MÁXIMO SECTOR IV} \leq 0,4858 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .

En la ordenación propuesta por el Plan Parcial, el aprovechamiento es inferior al aprovechamiento máximo del sector:

- Superficie Edificable Lucrativa = 20.961,68 m<sup>2</sup>.
- Superficie Total del Sector = 45.772,30 m<sup>2</sup>.

$$\text{Aprovechamiento Sector IV} = 20961,68 \text{ m}^2 / 45772,30 \text{ m}^2 = 0,4580 \text{ m}^2/\text{m}^2 \leq 0,4858 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

La **adecuación del plan a la legislación urbanística** determina la ordenación propuesta por el PPAI. Las reservas para las dotaciones del Plan Parcial son superiores a los módulos mínimos:

- Superficie Total del Sector = 45.772,30 m<sup>2</sup>.
- Sistema de Espacios Libres Públicos = 4.796,94 m<sup>2</sup> > 4.577,23 m<sup>2</sup> (10% de la superficie del Sector).
- Sistema de Equipamientos Públicos = 929,18 m<sup>2</sup> > 915,446 m<sup>2</sup> (2% de la superficie del Sector).
- Ocupación máxima edificación = 28.661,65 m<sup>2</sup> < 30.514,87 m<sup>2</sup> =  $2/3 * 45.772,30 \text{ m}^2$ .

La ocupación máxima por la edificación resulta de la aplicación de los índices de ocupación máxima a las distintas categorías de uso industrial y al sistema de equipamiento público:

- Suelo Ocupación Industrial =  $0,95 * 29.681,11 = 28.197,06 \text{ m}^2$ .
- Suelo Ocupación Equipamientos Públicos =  $0,50 * 929,18 = 464,59 \text{ m}^2$ .

$$(28.197,06 \text{ m}^2 \text{ SUELO OCUPACIÓN INDUSTRIAL} + 464,59 \text{ m}^2 \text{ SUELO OCUPACIÓN EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS}).$$

Para justificar los porcentajes de la Ocupación Máxima por la Edificación, exponemos los artículos de las Ordenanzas Reguladoras que son necesarios para el cálculo:

- ❖ Según el artículo 46, Sistemas de Equipamientos Públicos, indica las siguientes características:
  - Condiciones de edificación:
    - Retranqueos: Mínimo, 10 m a vía pública y 5 m a resto de linderos (ver plano parcelario).
    - Ocupación máxima: 50%.
    - Índice de piso máximo:  $1,0 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .

- Altura máxima: según ordenanza PGOM.
- Condiciones de uso: uso público.
- Destinado a la prestación de servicios sanitarios asistenciales, educativos, culturales, deportivos y otros que sean necesarios.
- Se preverá una plaza de aparcamiento por cada 80 m<sup>2</sup> construidos.
- De las plazas de aparcamiento previstas, se reservarán las plazas de estacionamiento adaptadas que, en su caso, determine la Ley de Accesibilidad y su Reglamento.
- Condiciones de dominio: dominio público.
- ❖ Según el artículo 47, Uso Industrial, indica las siguientes características:
  - I.- Condiciones Generales Uso Industrial.
    - Condiciones de uso: uso privado.
    - Condiciones de dominio: dominio privado.
    - Condiciones de edificación y volumen: Con carácter general para todos los tipos de parcelas industriales:
      - Sobre la altura máxima señalada, se admitirán previa autorización del Ayuntamiento, aquellos elementos necesarios para el proyecto de fabricación y almacenamiento que se justifiquen debidamente en el correspondiente proyecto.
      - En el plano P-3 (Parcelario y Alineaciones) de la documentación gráfica quedan señalados los retranqueos mínimos de la edificación que prevalecerán, en caso de contradicción, sobre los indicados en los documentos escritos, de la Ordenación Pormenorizada (Memoria y Ordenanzas).
      - Las fachadas que habrán de mantener alineadas, al menos en un 75% de la longitud, se resaltan y se precisan con la leyenda correspondiente en el citado parcelario P-3.

Se establece la siguiente categoría de parcelas:

A.- Parcelas de Industria pequeña o ADOSADA.

- Superficie: entre 500 y 1500 m<sup>2</sup>.
- Tipología edificación: Adosada.

La agrupación de edificios adosados no podrá presentar un frente superior a 180 m de forma que entre cada dos agrupaciones consecutivas en una misma manzana existirá una distancia libre de una anchura mínima de 6m.

- Ocupación máxima: 95%.

- Índice de piso máximo:  $1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .
- Altura máxima: 10 m.
- Retranqueos:
  - A viario público: 4 o 10 m (ver plano parcelario).
  - A linderos posteriores: 0 m (alineación con vial de servicio).
  - A linderos laterales: 0 m.

Las **plazas de aparcamientos de vehículos** tienen una reserva mínima según el artículo 47 apartado 2c de la Ley 9/2002, 30 de diciembre, de 210 plazas, a razón de 1 plaza de aparcamiento cada  $100 \text{ m}^2$  edificables (son  $20.961,68 \text{ m}^2$ ). De estas 210 plazas de aparcamiento una cuarta parte, al menos 53 deben ser de dominio público.

Los aparcamientos en línea sobre la vía pública ascienden a  $299 > 210$  (se cumple el primer punto del artículo 47 apartado 2c de la Ley 9/2002 a este respecto, una plaza por cada  $100 \text{ m}^2$  edificables).

Los aparcamientos en línea sobre la vía pública, descontados los 5 metros lineales para el acceso a cada parcela, ascienden a  $299 > 53$  (se cumple el segundo punto del artículo 47 apartado 2c de la Ley 9/2002 a este respecto, cuarta parte de dominio público).

De la experiencia de agrupaciones de nave nido (adosadas), se ha visto que su funcionamiento se optimiza separando las zonas de aparcamiento de las zonas de actividad. Por este motivo, la ordenación prevista establece ámbitos específicos de plazas de aparcamiento en la red viaria en las proximidades de las zonas destinadas a esta categoría industrial (299 plazas), eximiendo a este uso de la obligación de resolver cualquier dotación de aparcamiento en el interior de la parcela.

Las 35 parcelas de las que se compone el polígono industrial Ártabro son de este tipo de categoría de naves, naves nido, por lo tanto, cumplen la normativa vigor al estar exentos de reserva alguna.

Las plazas de aparcamiento de vehículos en viario público son 299 plazas. Estas plazas se dividen en tres tipos según sus dimensiones y el uso al que están destinadas:

- Tipo A: (3,5 x 4,5) m. Suponen 45 unidades sobre el total.
- Tipo B: (2,5 x 4,5) m. Suponen 248 unidades sobre el total.
- Tipo C: (3,5 x 5,9) m. Suponen 6 unidades sobre el total, y son las plazas adaptadas.

En cumplimiento de la Ley 8/1997 de 20 de agosto, Accesibilidad y Supresión de Barreras, y de su Reglamento de desarrollo (Decreto 35/2000), el Plan Parcial prevé la reserva de plazas adaptadas en viario y al servicio de edificios de uso público.

Por todo ello, el PPAI cumple con lo establecido en la Ley 8/1997 de 20 de agosto, Accesibilidad y Supresión de Barreras, y Reglamento de su desarrollo, al reservar al menos 1 plaza adaptada por cada por cada 100 plazas o fracción ( $6 > 3$ plazas).

Por lo dicho, la dotación de plazas de aparcamiento del Plan Parcial es conforme a lo establecido en la normativa vigente. Su regulación se contiene en el artículo 36 de las OR del PPAI.

El **aprovechamiento de polígonos** diferencia dos zonas relacionadas en el PPAI:

- Aprovechamiento polígono sector III:  $0,3958 \text{ m}^2/\text{m}^2$  (Plan Parcial Aprobado).
- Aprovechamiento polígono sector III:  $0,4580 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .

La diferencia de aprovechamiento es claramente inferior al 15% del aprovechamiento tipo del área de reparto, por lo que cumple con lo establecido en artículo 123 apartado 2 de la Ley 9/2002.

$$0,15 \times 0,60 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 0,0900 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

$$0,4580 \text{ m}^2/\text{m}^2 \text{ APROVECHAMIENTO SECTOR IV} - 0,3958 \text{ m}^2/\text{m}^2 \text{ APROVECHAMIENTO SECTOR III} = 0,0622 \leq 0,0900$$

En relación con las **redes de servicios**, el PPAI prevé la ejecución de las redes de abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica, alumbrado público, telefonía y evacuación de aguas pluviales y residuales.

La Orden de 24 de abril de 1987, que establece las condiciones de previsión y trazado de redes de servicios en los programas de actuación urbanística, planes parciales y proyectos de urbanización, admite que se justifique que no es procedente incorporar alguna red de servicio.

La Actuación urbanística “RÍO DO POZO” está destinada a uso industrial, y aunque hasta la fecha no se ha detectado demanda de suministro de gas que aliente la implantación de la correspondiente red, cumpliendo la Orden de 24 de abril de 1987, se diseña la red de gas de modo esquemático, dejando la precisa definición del trazado, secciones y demás características al correspondiente Proyecto de Urbanización.

Respecto a la **red y conexiones viarias**, dado el sencillo trazado dentro del polígono, carece de sentido desarrollar un estudio de intensidades de tráfico para justificar las secciones adoptadas, que están sobredimensionadas para que se pueda circular con comodidad.

La red viaria se plantea como prolongación del viario del colindante Sector III. Se han situado alrededor del polígono varias rotondas sobre las vías principales con el fin de facilitar los cambios de sentido y los giros.

Las secciones transversales de los viales se representan en el plano de Emplazamiento (número 2), siendo su descripción la siguiente:



- Sección Calle Principal. Avenida Eduardo Pondal: Vial de acceso al Oeste y Este de la Actuación, de 20 m, con doble calzada de 9 m, banda de aparcamiento al Norte de 3,5 m, banda de aparcamiento al Sur de 2,5 m, aceras de 2,5 m.
- Sección Calle Rosalía de Castro: Vial de acceso al Oeste de la Actuación, de 9,5 m, con calzada de 4,5 m, banda de aparcamiento de Oeste a Este situada al Norte del polígono de 2,5 m, acera de 2,5 m.
- Sección Calle Castela: Vial de acceso al Este de la Actuación, de 9,5 m, con calzada de 4,5 m, banda de aparcamiento de Este a Oeste situada al Sur del polígono de 2,5 m, acera de 2,5 m.

Las calzadas se realizarán, preferentemente, con firmes flexibles; los bordillos serán de hormigón o granito; las aceras serán de hormigón reglado o ruleteado.

A efectos de garantizar, conforme al RD 786/2001, la seguridad de los establecimientos industriales de las configuraciones de naves nido o adosada del Sector III, en ejecución, y del Sector IV, la ordenación del PPAI prevé unos viales cuyos firmes permitirá el acceso de vehículos de extinción de incendios, conforme a la reglamentación vigente.

Se ha contemplado la restitución de los caminos de paso existentes, que pudieran verse afectados por el Plan parcial.

Las rasantes son indicativas y se ajustarán en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

En relación con la **conexión exterior**, el Proyecto de Urbanización habrá de recoger y precisar la conexión exterior de la Calle Principal del Norte con la Carretera autonómica C-646 que une la comarca desde Ferrol – Narón hasta Valdoviño. Esta conexión se contempla en la Adenda al Convenio de Colaboración suscrito entre el Excelentísimo Ayuntamiento de Narón y SEPES. En la Estipulación Segunda del mencionado documento, el Ayuntamiento de Narón renuncia a que SEPES ejecute el Acceso Norte a la Actuación Industrial “RÍO DO POZO”.

Estas decisiones nos han llevado a proponer en el Plan la prolongación y enlace con la C-646 y dejar la previsión de suelo dentro del Sector IV para una posible ampliación del eje Norte-Sur.

El trazado proyectado de la conexión exterior con la C-646, prolongación de la Calle principal Norte, se ha estudiado bajo la supervisión de los servicios técnicos de la Administración Autonómica, para obtener su visto bueno.

La **distribución de Energía Eléctrica** se efectuará desde la red existente que da servicio a los sectores I, II y III de la Actuación. A pesar de usar las infraestructuras que sirven para la distribución de la energía eléctrica de los otros tres Sectores, se debe indicar que dicha

conexión eléctrica se realiza con un cable subterráneo que tiene su origen a 10 Km (Kilómetros) del polígono industrial en la subestación eléctrica más cercana de la zona.

El consumo eléctrico de una Actuación Industrial es un problema indeterminado que puede variar entre amplios límites, según el tipo de industria que se instale, su tecnología, su extensión, etc. La relación superficie / consumo es muy distinta si se trata de industrias de talleres y almacenaje o derivadas de la metalúrgica y de la química; depende de la superficie de la parcela, de la reserva de suelo para futuras ampliaciones, de la tensión de alimentación, etc.

Para la fijación de las cargas no se ha optado por las indicaciones que fija el PPAI, criterios y conclusiones acordados en el Seminario sobre temas eléctricos celebrado entre el Ministerio de la Vivienda y UNESA, por contradecir la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”.

Teniendo en cuenta la experiencia de utilización de actuaciones similares a la del proyecto, en zonas geográficas de características comunes, se decide prever que toda parcela cuya demanda de potencia, de acuerdo con su superficie no exceda de 2000 m<sup>2</sup>, solo dispondrá a su frente de acometida de Baja Tensión.

Las condiciones mínimas que deberán reunir las infraestructuras de servicios en base a las que se redactarán los correspondientes proyectos de Urbanización, salvo justificación expresa en dicho documento, son las siguientes:

- La red de alta tensión será subterránea.
- La red de baja tensión será con conductores aislados y subterránea, con conductores RV.
- Los Centros de Transformación se construirán, prefabricados para entradas y salidas subterráneas, normalizados por la Compañía distribuidora.
- La tensión en AT será la normalizada por la Compañía en la zona y en BT 400/230 V.

Los esquemas de las Redes de Distribución de Energía Eléctrica son indicativos. Se representan en los planos número 5 para MT y número 6 para BT. Se ajustarán en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

La **red de Alumbrado Público** se proyecta de trazado bilateral desplazado en la Avenida Eduardo Pondal y unilateral arriba en las calles Rosalía de Castro y Castelao, en función de la sección viaria.

Los báculos y columnas tendrán la altura necesaria para poder garantizar una luminancia media, una uniformidad y un coeficiente de deslumbramiento acorde a las condiciones que determinan las Ordenanzas municipales, (9 m).

Las luminancias serán cerradas, con cierre antivandálico, o muy resistente.

La instalación de alumbrado cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las condiciones de cálculo serán las siguientes:

- Luminancia media:  $\geq 1 \text{ cd/m}^2$ .
- Uniformidad total:  $L \text{ mínima} / L \text{ media} \geq 0,4$ .
- Uniformidad longitudinal:  $L \text{ mínima} / L \text{ media} \geq 0,7$ .
- Deslumbramientos: Molesto  $> 5$ .
- Incremento del umbral (TI):  $\leq 14\%$ .

El esquema de la Red de Alumbrado Público es indicativo. Se representa en el plano número 7 (Alumbrado). Se ajustará en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

En cuanto a los **plazos** de implantación de la urbanización, el Proyecto de Urbanización se presentará en el Ayuntamiento de Narón para su tramitación, en un plazo no superior a un año a contar desde la aprobación definitiva del Plan Parcial de Actuación Industrial. Dicho Proyecto de Urbanización será completo.

Las Obras de Urbanización se iniciarán una vez se haya producido la aprobación definitiva del Proyecto de Urbanización y en virtud de lo establecido en el artículo 54 apartado 2 del Reglamento de Planeamiento del Ayuntamiento de Narón, su desarrollo se adecuará justificadamente a una mejor administración de los fondos públicos invertidos en la Actuación.

Las Obras de urbanización podrán ejecutarse en diferentes fases urbanizadoras que deberán ser contempladas en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

La **conservación de las obras** será conforme a lo señalado en el artículo 110 apartado 6 de la Ley 9/2002, de ordenación urbanística y protección del medio rural de Galicia, una vez recibidas las obras de urbanización su conservación corresponderá al Ayuntamiento de Narón, si bien es potestad del Plan Parcial prever la obligación de los propietarios de los solares resultantes de la ejecución de la urbanización de constituirse en entidad urbanística de conservación, y, en este caso, la conservación de la urbanización corresponderá a esta entidad por el plazo que se señale en el Plan Parcial.

A tal efecto, una vez recibidas las obras de urbanización, los propietarios de los solares resultantes estarán obligados a integrarse en una Entidad Urbanística de Conservación que

será constituida al efecto para conservar la urbanización del ámbito del Plan Parcial por un plazo máximo de 20 años, prorrogable por acuerdo de la Entidad y el Ayuntamiento de Narón.

Asimismo, conforme al Convenio de Colaboración y su Adenda, suscritos por el Ayuntamiento de Narón y SEPES, una vez recibidas las obras de urbanización, SEPES contribuirá técnica y económicamente a la conservación de estas, hasta que se haya enajenado la tercera parte de la superficie útil.

En cuanto a las obras exteriores, una vez ejecutadas las obras el Ayuntamiento las recibirá, haciéndose cargo del mantenimiento y conservación de todas sus infraestructuras.

La realización del **estudio económico y financiero** corresponderá al Proyecto de Urbanización de forma que los cálculos sean precisos.

La urbanización de la Actuación se realizará de acuerdo con los criterios de la mayor economía, dentro de los estándares de calidad exigidos por las normas de la buena construcción y la norma legal vigente.

Otros servicios urbanos, no contemplados en el PPAI, y que pudieran implantarse en la Actuación, serán competencia municipal del Ayuntamiento de Narón.

Para el cálculo del **Presupuesto de la Urbanización**, y debido a sus condiciones análogas en cuanto a situación, topografía, etc., se han tomado como base, el Proyecto de Urbanización del Sector III del Polígono Río do Pozo y las últimas actuaciones similares realizadas en la Comunidad Autónoma de Galicia.

Los resultados del presupuesto se han estimado tomando como base la superficie de suelo urbanizado y la longitud de las instalaciones, reservando la utilización de coeficientes para la estimación del preceptivo Presupuesto de Seguridad y Salud.

Una vez analizados los condicionantes urbanísticos que indica el PPAI relativos a los requisitos de diseño, se indicará las **disposiciones legales, normas, documentos y aplicaciones** más importantes que son necesarias tener en cuenta, en el presente Proyecto de ejecución del polígono industrial Ártabro, según el tipo de instalación diseñada:

- **Red de distribución en media tensión:**

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones particulares. Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de  $Un \leq 36 \text{ kV}$ , 27 septiembre 2018.

- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20 kV, 8 septiembre 2011.
- KOTHARI, D. P. y I. J. NAGRATH. Sistemas eléctricos de potencia. 3ª ed. México D.F.: McGraw Hill, 2008.
- Apuntes de la asignatura: Transporte de Energía Eléctrica, 2018. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02036.
- UNE 620-9E:2012/1M:2017. Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (Tipos 9E-1, 9E-3, 9E-4 y 9E-5).
- UNE 21144-1-2:1997. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-2:1997. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
- UNE-EN 60071-2:1999. Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE 211435:2011. Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- **Centro de seccionamiento:**
  - Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
  - Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
  - SCHNEIDER ELECTRIC. SIScet 8.0 [software]. Versión 8.01.0004.

- **Centros de transformación:**

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Proyecto tipo de UFD: Proyecto Tipo para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- SCHNEIDER ELECTRIC. SIScet 8.0 [software]. Versión 8.01.0004.

- **Red de distribución en baja tensión:**

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de Baja Tensión, 2 septiembre 2011.
- Apuntes del Ciclo Superior de Instalaciones Electrotécnicas, 2000. IES Marqués de Suanzes, Ferrol, A Coruña.

- **Red de distribución en alumbrado público:**

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Tomo I, Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto. Ministerio de Fomento.
- DIAL GMBH. DIALux 4.13 [software]. Versión 4.13.0.2.
- UNE-EN 13201-2:2016. Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones.
- UNE-EN 13201-3:2016. Iluminación de carreteras. Parte 3: Cálculo de prestaciones.
- UNE-EN 13201-4:2016. Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones fotométricas.

- UNE-EN 13201-4:2016. Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas.
- **Armónicos de la red de distribución en alumbrado público:**
  - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
  - Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
  - Apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02040.
- **Pérdidas en las líneas eléctricas:**
  - Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
  - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
  - Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
  - Apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02040.
  - CIRCUTOR. Soluciones para la compensación de energía reactiva en Media Tensión: tecnología para la eficiencia energética [en línea].

[http://circutor.com/docs/MitjaTensio\\_SP\\_Cat.pdf](http://circutor.com/docs/MitjaTensio_SP_Cat.pdf)

### 1.13 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

El tipo de distribución de la **Red de Media Tensión** es un trazado subterráneo, desechando la opción aérea por restricciones urbanísticas del PPAI al tratarse de una zona industrial. Dicha zona industrial, tiene fijada imposiciones legales, además de las urbanísticas, relativas a distancias mínimas de seguridad a respetar respecto a trabajos en altura, la altura de las naves, maniobras con grúas, etc., todas ellas relacionadas con multitud de averías que se podrían ocasionar en un trazado del tipo aéreo.

El trazado subterráneo respecto al aéreo, junto con las ventajas de seguridad relativas a contactos accidentales por trabajos en su zona de influencia, proporciona mayores medidas de seguridad relacionadas con el aislamiento de la línea eléctrica y reduce los mantenimientos correctivos y su actuación. La razón es que, una vez enterrado el

conductor, disponemos de todo el terreno sobre el que pueda estar afectado para realizar cualquier actividad, con la excepción de la profundidad donde se sitúa el tendido subterráneo.

El mayor inconveniente que tiene el trazado subterráneo respecto al aéreo es el coste de la instalación, ya que deberíamos sumar un conductor y, un aislamiento, con una mayor sección para transmitir la misma intensidad, trabajos relacionados con la excavación a través de medios mecánicos o manuales y construcción de las zanjas para alojar el conductor.

La construcción de las zanjas acrecienta los inconvenientes si debemos subsanar una avería eléctrica o ejecutar un mantenimiento en la línea eléctrica, ya que es riesgo de accidentes aumenta por la excavación o la limpieza de la zanja. Como norma de seguridad relativa a trabajos de mantenimiento, mejora o avería, cuando se alcance una distancia de 0,5 m al conductor, se procederá a realizar la excavación con medios manuales.

Los conductores de distribución en media tensión estarán directamente enterrados sobre las zanjas y, no bajo tubo, para así reducir la sección del conductor que permita transmitir la misma intensidad y, por consiguiente, disminuir el coste en material, ya que se mejora la disipación del calor a través del terreno en un conductor directamente enterrado en relación con un conductor entubado.

Los conductores de distribución en MT están compuestos por 2 ternos de 240 mm<sup>2</sup> para permitir ampliaciones futuras en el consumo eléctrico de los abonados de las naves industriales, además esta disposición garantizaría el suministro eléctrico a las parcelas ante cualquier fallo en uno de los ternos, ya que por diseño la red de distribución está sobredimensionada, permitiendo que un terno sea capaz de soportar el consumo eléctrico de todo el polígono industrial en caso de avería en la red de suministro. A pesar del inconveniente que presenta un mayor coste de la instalación el uso de 2 ternos en vez de 1, los beneficios son mayores respecto a fiabilidad del servicio o cambios en la demanda eléctrica.

El conductor elegido es el HEPRZ1 12/20 kV, utilizado por la norma Iberdrola. La razón de esta elección se basa principalmente en la temperatura máxima del conductor de 105 °C, que mejora considerablemente los fijados por la norma Gas Natural Fenosa con el conductor RHZ1-20L 12/20 kV que posee una temperatura máxima del conductor de 90 °C. A pesar de que el coste se incrementa con el conductor elegido, prevaleció la opción de seguridad y prestaciones por encima del valor económico.

La red de distribución en media tensión posee un sistema radial, ya que es más económico que el continuo. Además, las 35 naves industriales suponen un número tan reducido de abonados que se pueden ver afectados por un fallo de suministro, que, por lo tanto, no



justifica realizar un trazado continuo con líneas independientes desde el centro de seccionamiento para distribuir la energía a cada parcela.

El inconveniente que tiene el sistema de distribución radial, respecto al continuo, es que una avería en la red de MT dejaría sin suministro de energía a todos los centros de transformación aguas abajo del fallo y, por lo tanto, a las naves industriales afectadas por esos transformadores. Aunque por el diseño del centro de seccionamiento, habría la posibilidad de puentear las barras de suministro, para afectar al menor número de abonados, mientras se realizan las tareas necesarias que subsanen el problema.

El emplazamiento del **Centro de Seccionamiento** se realiza según el punto 2.3.1.1 del Proyecto tipo de UFD para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada.

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos de este, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

La opción elegida respecto a su ubicación es la de intemperie, porque el impacto ambiental y visual es inapreciable en una zona industrial.

El CS es de naturaleza prefabricada en concordancia con los requisitos impuestos por el UFD. Otras características que posee es ser compacto y, evitar un entronque de la línea de suministro fuera de cualquier zona que por su naturaleza pueda sufrir daños en la instalación por trabajos en sus proximidades, por lo tanto, prevalecen garantías básicas de seguridad respecto al coste.

El módulo prefabricado tiene como ventaja que la construcción de la obra civil como el montaje de su equipamiento puede realizarse en fábrica, permitiendo reducir el coste que supone los trabajos de instalación en el emplazamiento designado en una fase anterior.

El módulo elegido es fácilmente transportable debido a su naturaleza prefabricada y, admite cualquier configuración interna de los elementos eléctricos según la demanda del consumidor. La colocación del CS en su emplazamiento se realiza con grúa después de realizar la excavación y la compactación del terreno según las especificaciones que impone el fabricante.

El CS se sitúa en zonas de propiedad común y cedido a UFD una vez instalado. La elección más importante es tener las barras de salida separadas según los consumidores a los que alimenta, aunque se podrían unir ante cualquier avería, prevaleciendo mantener el suministro eléctrico frente otras opciones posibles.

El conexionado y tendido de los conductores en el interior del módulo puede venir instalado de fábrica o con los conductos adecuados para ser instalados en obra, como se mencionó anteriormente, la elección será en fábrica para abaratar los costes.

El emplazamiento de los **Centros de Transformación** se realiza según el punto 2.3.1.1 del Proyecto tipo de UFD para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada.

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos de este, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

Existen 3 tipos de ubicación posible de los CT adecuados al PPAI: intemperie, local cedido en un edificio por el propietario del terreno, o subterráneo. La opción elegida es intemperie por que el impacto ambiental y visual es inapreciable en una zona industrial.

Los CT son de naturaleza prefabricada en concordancia con los requisitos impuestos por el PPAI. Otras características que poseen es no ser compactos y tener reserva de espacio para permitir la instalación de un transformador a mayores si fuera necesario, lo que admite ampliaciones futuras en las celdas o en los transformadores sin suponer incremento en el coste en relación con los que no tienen la reserva de dicho espacio.

Los módulos prefabricados tienen como ventaja que la construcción de la obra civil como el montaje de su equipamiento puede realizarse en fábrica, permitiendo reducir el coste que supone los trabajos de instalación en el emplazamiento designado en una fase anterior.

El módulo elegido es fácilmente transportable debido a su naturaleza prefabricada y, admite cualquier configuración interna de los elementos eléctricos según la demanda del consumidor. La colocación del CT en su emplazamiento se realiza con grúa después de realizar la excavación y la compactación del terreno según las especificaciones que impone el fabricante.

El conexionado y tendido de los conductores en el interior del módulo puede venir instalado de fábrica o con los conductos adecuados para ser instalados en obra, como se mencionó anteriormente, la elección será en fábrica para abaratar los costes.

Una alternativa importante en la elección del CT es la elección entre en baño de aceite o seco.

Las principales ventajas que tiene en baño de aceite son: menor coste unitario; menor nivel de ruido; menores pérdidas de vacío; mayor resistencia sobretensiones y sobrecargas prolongadas.

En cambio, las principales ventajas del seco son: menor coste de instalación por no necesitar el depósito del colector ni la obra civil asociada; y menor riesgo de incendio.

Se optó por elegir el transformador seco con celda de aislamiento en SF<sub>6</sub>, gas inerte con un alto poder de corte, al prevalecer la opción del menor riesgo de incendio y el alto poder de corte frente el resto de las características.

Los CT se sitúan en zonas de propiedad común y cedidos a UFD una vez instalados. La elección más importante en la toma de decisión adoptada es tener 2 transformadores instalados en el interior del CT, para así reducir el coste de la obra civil respecto a los CT individualizados.

Según UFD, en relación con la potencia prevista por los consumidores en polígono industrial, se podrían instalar CT de 400 kVA o 630 kVA. La elección elegida fue de 400 kVA para ajustarse al máximo a los consumos y poder diversificar la alimentación de las naves industriales desde un mayor número de puntos distintos ante cualquier posible fallo en un transformador en concreto.

El tipo de distribución de la **Red de Baja Tensión** es un sistema abierto con salidas desde el CT que finalizan en las CGP de cada abonado, con independencia de otras líneas de distribución de energía eléctrica. Este modelo de suministro es el más simple y económico, aunque tiene la desventaja de no garantizar el suministro eléctrico desde otras líneas como podría hacer el sistema cerrado.

El PPAI impone que el tendido eléctrico se realice subterráneo y por viales públicos, por lo tanto, prohíbe otras posibilidades como la aérea o en fachada que serían las más económicas.

El esquema de distribución y dispositivos de protección tienen una relación directa del sistema de distribución elegido, y más concretamente del modelo de conexión del neutro utilizado. Las características de los distintos esquemas de distribución se indican en la ITC-BT-08 del RBT, aunque UFD solo admite el esquema TN para este tipo de instalaciones.

UFD permite el uso del IT sin neutro para instalaciones de características especiales, como es el caso de quirófanos de hospitales, o locales con riesgo de incendio o explosión, pero no aconseja el uso del esquema TT por no ofrecer las garantías necesarias fijadas en la red de UFD.

Por lo tanto, indicamos las características generales de designación de los distintos elementos y, concretamente nos centramos en definir el sistema TN. El sistema elegido por

características de seguridad, TN-S, se desarrolla posteriormente en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24 del RBT.

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado, TN-S en nuestro caso.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

- Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

- Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.

C = Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema.

- Esquema TN-C-S: En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

La acometida será subterránea y conforme a las prescripciones particulares fijadas por la compañía suministradora, Normas Particulares de UFD, Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión, Instalaciones de enlace de Baja Tensión.

La instalación de los conductores se realiza con tendido en canalizaciones entubadas. Aunque el tendido es menos económico que los conductores directamente enterrados, debido a introducir los cables en los tubos, su hormigonado y, la construcción de arquetas de registro, tiene la ventaja que cualquier mantenimiento u obra realizada a posteriori en el conductor eléctrico evita realizar excavaciones, además aumenta la seguridad al reducir en un mayor grado las averías provocadas por la canalización de otro tipo de instalación, como es el caso de las telecomunicaciones, reparaciones en otra red de suministro o trabajos realizados sobre la acera.

El objetivo primordial del **Alumbrado Público** es proporcionar, durante las horas del día que no hay luz natural, una visibilidad que permita utilizar las áreas públicas por los ciudadanos con una garantía de seguridad y bienestar físico acorde a unos mínimos estándares de calidad según la normativa vigente.

Después de analizar los diferentes modelos de luminarias: vapor de mercurio; vapor de sodio de baja potencia; vapor de sodio de alta potencia; inducción; led, microled; CFL (tubo fluorescente que posee halogenuros) con balasto; y CFL sin balasto; decimos utilizar las luminarias led por ser las que ofrecen una mayor eficiencia energética y bajo consumo en relación con los armónicos generados, además entre otros factores permite un control integrado de flujo luminoso con preajustes fijos, menor tiempo de arranque efectivo, proporciona luz clara y mínimo factor de potencia.

Con la finalidad de actuar sobre las luminarias a determinadas horas y por zonas de uso, se instalarán interruptores horarios que, junto con el modelo de lámpara elegido, aporta ciertas ventajas en el alumbrado público:

- A temperaturas ambiente extremas es posible que la luminaria se atenúe automáticamente para proteger los componentes.
- Tolerancia de consumo de energía: +/- 11%.
- Tolerancia de flujo lumínico: +/- 7%.

- Ahorro energético al poseer protección contra sobretensiones.
- Ahorro energético al reducir el alumbrado en horas de baja utilización.
- Menor contaminación.
- Aumento de la vida útil por eliminar sobretensiones y permitir atenuación automática.

La **mejora de la eficiencia** energética en el alumbrado público la logramos mediante la eliminación de armónicos por medio de la utilización de filtros armónicos de absorción. Un factor para resaltar en este aspecto es que, adquiriendo directamente los componentes necesarios, bobinas y condensadores, en vez de comprar los filtros que hay en el mercado, permite abaratar los costes y conseguir una mejor adaptación de los elementos a las necesidades de la instalación.

El modo de funcionamiento se basa en que a la frecuencia del armónico calculado: tercero; quinto; y séptimo; el condensador se anula con la bobina, por lo tanto, solo elimina el armónico sin aumentar el consumo eléctrico, mientras que, a la frecuencia fundamental, 50 Hz, el valor del condensador será mayor que el de la bobina, consiguiendo compensar la potencia reactiva y actuando de forma similar a como funciona una batería de condensadores.

La **mejora de las pérdidas** en las líneas eléctricas la conseguimos con la instalación de una batería de condensadores. La alternativa más relevante que se tuvo en cuenta en el diseño fue dónde instalar la batería de condensadores, se decidió situarlas en la red de MT en vez de la de BT por que la inversión económica y la reserva de espacio sería mucho menor para conseguir el mismo objetivo.

Se decide instalar una batería de condensadores en la red de MT, ya que esta configuración permite instalar un módulo para los dos ternos de conductores en la cabecera de la instalación en el interior del CT 1, para así, lograr compensar toda la potencia reactiva con un factor de potencia igual a 1.

Esta configuración reduce en gran medida el tamaño de los condensadores porque el funcionamiento sería a una tensión de servicio trifásica de 20 kV en vez de 400 V. Además, como se hizo con el caso de los filtros armónicos de absorción en la red de alumbrado, se podrían adquirir tan solo los elementos necesarios: condensadores monofásicos; reactancias de choque; y filtros armónicos de rechazo; u optar por la opción elegida, que será el diseño a medida de la batería de condensadores por parte de la empresa Circutor, para así, adaptarse mejor a las necesidades de la instalación eléctrica objeto de este Proyecto de ejecución.

Se desecha la opción de la instalación en la parte de BT por que, debido al elevado consumo de potencia reactiva, sería necesario como mínimo a instalar una batería de condensadores

por cada CT, por lo tanto, habría que adquirir por lo menos de 4 a 8 baterías de condensadores para compensar la misma potencia. Esta opción aumentaría el coste y la reserva de espacio para alojar todos elementos que componen cada módulo, en comparación con la opción elegida de situarla en la parte de la línea de MT.

#### 1.14 RESULTADOS FINALES

En este apartado se expondrán los resultados finales de la obra, además de definir la descripción pormenorizada sobre la solución adoptada basada en los cálculos realizados y, detallar todos los elementos que componen la instalación eléctrica objeto de este proyecto eléctrico.

Se tendrá en cuenta como punto de partida los requisitos de diseño y análisis de soluciones, expuestas en capítulos anteriores, para poder ejecutar la obra ajustada a la normativa vigente según su ámbito competencial en este tipo de instalaciones de carácter industrial.

##### 1.14.1 Descripción general de la obra

El polígono industrial objeto de este proyecto cuenta con una superficie de **45.772,30 m<sup>2</sup>**, de los cuales, las parcelas están formadas por una superficie edificable de **20.961,68 m<sup>2</sup>** sobre un total de 29.681,68 m<sup>2</sup>, como se puede observar en el plano de Distribución, número 2.

El diseño de las parcelas está condicionado con la orografía del polígono industrial, al no tener a penas zonas rectas y, basarse case exclusivamente en curvas, no existen ninguna parcela que coincida en dimensiones con otra. Las superficies sin retranqueos de las 35 parcelas varían desde la más pequeña con una superficie de 605,96 m<sup>2</sup>, parcela número 2, hasta la mayor con 1.474,01 m<sup>2</sup>, parcela número 20.

El polígono Ártabro está diseñado en dos partes claramente diferenciadas, dividiendo el área industrial en dos manzanas, una Norte y otra Sur, a través de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal.

Existen tres tipos de **aparcamientos** en función de las dimensiones justificadas en el capítulo de requisitos de diseño. Estos estacionamientos, se sitúan a lo largo de todo el perímetro del polígono y en la vía principal según se muestra el plano de Emplazamiento, número 2.

Las plazas de aparcamiento de vehículos en viario público son **299 plazas**. Estas plazas se dividen en tres tipos según sus dimensiones y el uso al que están destinadas:

- Tipo A: (3,5 x 4,5) m. Suponen **45** unidades sobre el total. Ubicadas en la zona Norte de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal.

- Tipo B: (2,5 x 4,5) m. Suponen **248** unidades sobre el total. Ubicadas en todo el perímetro del polígono industrial y en la zona Sur de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal.
- Tipo C: (3,5 x 5,9) m. Suponen **6** unidades sobre el total, y son las plazas adaptadas. Ubicadas en el centro de la zona Norte de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal.

La **Red de Media Tensión** es un sistema radial pasando por todos los Centros de Transformación, comienza en la línea de distribución que comunica el Centro de Seccionamiento con el Centro de Transformación 1, y finaliza con la línea de alimentación que enlaza el Centro de Transformación 3 con el Centro de Seccionamiento, por lo tanto, visualmente sería en forma de anillo. La distribución radial se detalla en el plano Red de Distribución en MT, número 5.

La previsión de cargas prevista para el polígono industrial es de **2.628,17 kW**, dividida en 2.620,24 kW para las naves industriales y 7,93 kW para el alumbrado público.

El factor de potencia de la instalación se fijó en **0,85** teniendo en cuenta la situación más desfavorable en el consumo de las naves industriales y, se desecha el valor que poseen las luminarias, 0,96, para el cálculo total por el escaso peso que posee la potencia de las luminarias led sobre el conjunto, 0,302%.

La línea de distribución de MT está compuesta por un circuito **dúplex**, dos conductores por fase, con una sección de **240 mm<sup>2</sup>** en una distribución trifásica de cables de **Aluminio** con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV, normalizado por Iberdrola, mientras que la tensión de servicio son **20 kV**.

Dicha línea de distribución estará directamente enterrada en la mayoría de los tramos, bajo acera, pero pasa estar entubada cuándo debe cruzar la calzada para poder comunicar el CT 6 con el CT 8, o cuando enlaza el CT 3 con el CS. La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie es: **1,62 m** bajo calzada según muestra el plano Canalización Bajo Calzada, número 13; y **1,6 m** bajo acera como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12. Esta profundidad cumple la normativa vigente y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

El **Centro de Seccionamiento** está ubicado a la entrada del polígono industrial en zona Oeste de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal. Su alimentación procede de la subestación eléctrica más cercana a la zona de suministro con una longitud de línea de 10 km. Este módulo es el encargado de repartir la energía eléctrica a los 8 Centros de Transformación desde la cabecera de la instalación eléctrica.



El edificio es prefabricado de hormigón compacto, mientras que la tensión de aislamiento es **24 kV** y, la intensidad de las celdas RM6 que lo componen son de **400 A**. Permite la telegestión a través del telemando de GPRS y el aislamiento seco de las celdas estancas se realiza con el gas inerte hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>.

Las características constructivas se muestran el plano Centro Seccionamiento, número 8.

Los **Centros de Transformación** tienen su emplazamiento a lo largo de Avenida Eduardo Pondal en ambos lados de la acera y, cada Centro posee dos transformadores en su interior.

Los Centros de Transformación tienen su ubicación dentro del polígono industrial condicionado por la línea de suministro en MT, como muestra el plano Red de Distribución en MT, número 5, y posee la siguiente configuración:

- El primer grupo de transformadores lo componen el **CT 1 y CT 2**, situados en el área Oeste-Norte del polígono industrial.
- El segundo grupo de transformadores lo componen el **CT 5 y CT 6**, situados en el área Este-Norte del polígono industrial.
- El tercer grupo de transformadores lo componen el **CT 8 y CT 7**, situados en el área Este-Sur del polígono industrial.
- El cuarto grupo de transformadores lo componen el **CT 4 y CT 3**, situados en el área Oeste-Sur del polígono industrial.

Los 8 transformadores están contruidos en un edificio prefabricado de hormigón no compacto, mientras que la tensión de aislamiento es **24 kV** y, la intensidad de las celdas SM6 que lo componen son de **400 A**. El aislamiento seco de las celdas estancas se realiza con el gas inerte hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>.

La potencia de todos los transformadores es de **400 kVA** con una relación de transformación **20000/420 V**. La instalación está proyectada para albergar en cada CT la reserva de un Transformador de MT junto con la reserva celdas de línea en acometida de MT.

La conexión de los transformadores será con la configuración en triángulo en la parte de MT y, conexión estrella en la parte de BT.

Las características constructivas se muestran el plano Centro Transformación 400 kVA, número 10.

La **Red de Baja Tensión** parte del secundario de los transformadores con una distribución trifásica con neutro. El conductor neutro tiene su origen en la parte central de BT de la conexión en estrella del transformador. La tensión de servicio es **400 V** y **50 Hz** para distribución trifásica.

En la cabecera de la red de BT se sitúa el cuadro principal de BT que tienen su origen en las barras que salen del secundario del transformador, estos **8 cuadros** están ubicados dentro de cada CT y en las proximidades de cada transformador, para así conseguir la menor caída de tensión de los conductores. Cada cuadro tiene una protección general con un interruptor principal, y aguas abajo de éste se sitúan las protecciones secundarias de cada CGP, las cuales permiten dar servicio de energía eléctrica a las naves industriales o a la red de alumbrado público a través de la Caja de protección y medida.

La sección del conductor de **cobre** que alimenta el interruptor general es de **240 mm<sup>2</sup>** con una distribución en **2 ternos** y aislamiento **XLPE**, mientras que la sección que entra en cada interruptor secundario coincide con la que llega a cada CGP o CPM.

Las acometidas a las parcelas se realizan con un conductor de **cobre** con aislamiento de **XLPE** y de sección en función de la carga prevista a cada nave industrial según la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”.

Las secciones de las acometidas varían desde **25 mm<sup>2</sup>** para alimentar la nave número 35 con una potencia prevista 44,60 kW, hasta **150 mm<sup>2</sup>** para alimentar a la nave número 20 con una potencia prevista 124,90 kW, estas secciones, como se menciona en el párrafo anterior, vienen condicionadas por la superficie de cada parcela.

El número de líneas de distribución coincide con el número de naves industriales, 35. La cantidad de líneas que sale de cada transformador depende exclusivamente de la carga máxima que soporta y, varían desde 6 líneas de distribución en el CT 1, hasta 3 líneas de distribución para el CT 3.

Todos los conductores son subterráneos y con canalización entubada. La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie varia de: **1,16 m** bajo acera cuando existen de 4 a 6 líneas de distribución como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12; hasta **0,96 m** bajo acera cuando existe 3 líneas de distribución como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12. Esta profundidad cumple la normativa vigente según el apartado 2.1.1 de la ITC-07 del RBT, la profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada; y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

Las CGP tienen su emplazamiento a la entrada de cada parcela en un muro de hormigón construido a tal fin. Están compuestas por las protecciones necesarias a través de fusibles y, además poseen un equipo de medida para llevar un control del consumo de cada parcela.

La ubicación de las CGP y, el trazado de los conductores que alimentan a éstas se puede observar en el plano Red de Distribución en BT, número 6.

La **Red de Alumbrado Público** tiene su origen en los **4 cuadros** de protección y medida, los cuales se alimentan del CT más cercano respecto de donde están ubicados y, la configuración es la siguiente:

- El cuadro de protección y medida número 1 se alimenta del CT 5. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 2 se alimenta del CT 6. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 4 se alimenta del CT 4. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 3 se alimenta del CT 3. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.

Los 4 cuadros de protección y medida tienen incorporados en su interior un interruptor astronómico que permite el control de funcionamiento de las luminarias por medio de configuración prefijada según las necesidades de los usuarios del polígono industrial.

La tensión de servicio es **400 V y 50 Hz** para la distribución trifásica y, **230,94 V y 50 Hz** para la distribución monofásica. La ubicación de los cuadros de protección y medida, así como la distribución de la red de alumbrado público se indica en el plano Red de Distribución en Alumbrado Público, número 7.

La sección del conductor de la línea trifásica es de **cobre** y alimenta el interruptor general por medio de un cable de **35 mm<sup>2</sup>** con una distribución en **1 ternos** y aislamiento **XLPE**, mientras que las tres salidas monofásicas que alimentan los interruptores secundarios se realizan con un conductor de **cobre** de **25 mm<sup>2</sup>** con aislamiento de **XLPE**.

La previsión de cargas prevista para el Alumbrado Público es de **7,93 kW** y, el factor de potencia mínimo de las luminarias es **0,96** según las características de diseño del fabricante. Se procuró que la carga estuviera lo más equilibrada posible en cada fase, por lo tanto, sólo hay una luminaria a mayores en la fase que ostenta el mayor desequilibrio, fase T (11).

Todos los conductores son subterráneos y con canalización entubada. La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie es de **0,76 m** bajo acera como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12. Esta profundidad cumple la normativa vigente

según el apartado 2.1.1 de la ITC-07 del RBT, la profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada; y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

La cantidad de luminarias instaladas en el presente proyecto de ejecución son **122** unidades del modelo **Philips BGP623** T25 DM11 LED110/740 NO, compuesta por 1xLED110-4S/740 de potencia **65 W** y **9974 lm**. Los báculos son de **9 m** de altura y con un brazo de **1 m**.

La **mejora de la eficiencia** energética en el alumbrado público la logramos mediante la eliminación de armónicos por medio de la utilización de filtros armónicos de absorción.

Un factor para resaltar en este aspecto es que, adquiriendo directamente los componentes necesarios, bobinas y condensadores, permite abaratar los costes y conseguir una mejor adaptación de los elementos a las necesidades de la instalación.

El modo de funcionamiento se basa en que a la frecuencia del armónico calculado: tercero; quinto; y séptimo; el condensador se anula con la bobina, por lo tanto, solo elimina el armónico sin aumentar el consumo eléctrico, mientras que, a la frecuencia fundamental, 50 Hz, el valor del condensador será mayor que el de la bobina, consiguiendo además compensar la potencia reactiva aparte de eliminar los armónicos no deseados.

La configuración será instalando 3 condensadores y 3 bobinas en cada conductor de fase monofásico en la red de Alumbrado Público mediante conexión en **estrella**, así cada pareja de condensador – bobina eliminaría un armónico de los tres. La tensión de funcionamiento es **250 V** en corriente alterna y, con la configuración siguiente:

- Los condensadores son: 10 de 1,156  $\mu\text{F}$ ; 10 de 0,749  $\mu\text{F}$ ; 10 de 0,546  $\mu\text{F}$ ; 2 de 1,272  $\mu\text{F}$ ; 2 de 0,824  $\mu\text{F}$ ; 2 de 0,601  $\mu\text{F}$ .
- Las bobinas son: 10 de 0,974 H; 10 de 0,541 H; 10 de 0,379 H; 2 de 0,885 H; 2 de 0,492 H; 2 de 0,344 H.

La **mejora de las pérdidas** en las líneas eléctricas la conseguimos con la instalación de una batería de condensadores.

Se decide instalar una batería de condensadores de **1.964,89 kVAr** a **7,7 kV** conectada en estrella en la red de MT, ya que esta configuración permite instalar un módulo para los dos ternos de conductores en la cabecera de la instalación en el interior del CT 1, para así, lograr compensar toda la potencia reactiva con un factor de potencia igual a 1.

Se opta por el diseño de la batería de condensares a medida por parte del fabricante Circutor, para así, adaptarse mejor a las necesidades de la instalación eléctrica objeto de

este Proyecto de ejecución. Se prevé que esté compuesta por **6 escalones**: 3 condensadores monofásicos de **150 kVar** y 3 condensadores monofásicos de **500 kVar**.

Si la opción del fabricante no fuera la adecuada, los condensadores necesarios que debemos adquirir son 3 condensadores en estrella de **12,922  $\mu$ F** con tensión trifásica de funcionamiento de **20 kV** en corriente alterna u opción de diseño equivalente.

#### **1.14.2 Red de distribución en media tensión**

En este capítulo se indicará las características y obligaciones que deben cumplir cada una de las partes de la instalación eléctrica de Media Tensión según la normativa expuesta el apartado 1.10, Normas y Referencias, del presente proyecto.

##### **❖ CABLES.**

Estarán constituidos por conductores de aluminio, compactos de sección circular de varios alambres cableados de acuerdo con la Norma UNE-EN 60228:2005, Conductores de cables aislados, y la pantalla metálica estará constituida por corona de alambres de cobre y cuya cubierta exterior será de poliolefina libre de halógenos de color rojo.

Los cables tipo EPROTENAX COMPACT no necesitan protección frente a la acción del agua porque su aislamiento de HEPR soporta sin apenas variación de sus buenas propiedades las eventuales filtraciones de agua en su pantalla o cuerda conductora.

En cables donde se desee evitar la penetración de humedad en el aislamiento también puede sustituirse la pantalla de cintas en hélice o hilos de cobre por una cubierta extrusionada de plomo, que además de impermeabilizar el cable, realiza las funciones eléctricas propias de las pantallas metálicas.

Otra posibilidad para impedir la penetración del agua consiste en aplicar una cinta de cobre longitudinalmente, solapada y sellada. Esta cinta se adhiere fuertemente a la cubierta exterior. Si la sección de cobre que proporciona esta cinta no es suficiente para transportar la intensidad de cortocircuito requerida, la cinta se coloca sobre una corona de hilos de cobre de sección adecuada.

Tanto las cubiertas de plomo como las protecciones de cinta de cobre longitudinal sellada, que configuran la protección radial del cable a la penetración del agua, se complementan, generalmente con cintas hinchables de material higroscópico.

Los cables tendrán aislamiento de etileno propileno y estarán de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-9E.

Según la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita, y teniendo el sistema de protección previsto en las salidas de la subestación, las redes incluidas en el presente proyecto se clasifican como

redes categoría A, según el apartado 2.1 de la ITC-LAT 06, Líneas subterráneas con cables aislados, dicha categoría se refiere a que los defectos a tierra se eliminan tan rápidamente como sea posible y en cualquier caso antes de 1 minuto.

Como indica el apartado 2.2 de la ITC-LAT 06, los cables y sus accesorios deberán designarse mediante  $U_0/U$  para proporcionar información sobre la adaptación con la aparamenta y los transformadores. A cada valor de  $U_0/U$  les corresponde una tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo  $U_p$ .

La tensión asignada del cable  $U_0/U$  se elegirá en función de la tensión nominal de la red ( $U_n$ ), o tensión más elevada de la red ( $U_s$ ), y de la duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra (categoría de la red), tal y como se especifica en la siguiente tabla.

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	Categoría de la red	Características mínimas del cable y accesorios	
			$U_0/U$ , o $U_0$ (kV)	$U_p$ (kV)
20	24	A - B	12/20	125
		C	15/25	145

Tabla 1.14.2.1 – Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios

Los cables utilizados serán unipolares debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que pueden estar sometidos.

Los empalmes y conexiones de los cables subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea, y en ciertos casos especiales puede ser necesario conectar también las pantallas a tierra en los empalmes según muestra la siguiente figura.



Figura 1.14.2.1 – Pantallas de los cables conectadas a tierra (Proyecto UFD)

Las características principales del cable se indican en la siguiente tabla.

Características	HEPRZ1 12/20 kV
Sección conductor aluminio (mm <sup>2</sup> )	240
Sección pantalla de cobre (mm <sup>2</sup> )	16
Código	20995789
Ø Nominal aislamiento, aproximado (mm)	28
Espesor aislamiento (mm)	4,3
Ø Nominal exterior, aproximado (mm)	36
Espesor cubierta (mm)	3
Peso aproximado (kg/km)	1600
Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	540
Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)	720
Tensión nominal simple, U <sub>0</sub> (kV)	12
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub> (kV)	24
Tensión a impulsos, U <sub>p</sub> (kV)	125
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	105
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250
Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado (A). Condiciones de instalación: una terna, 1 m profundidad, 25°C terreno, 1,5 K*m/W terreno	345
Intensidad máxima admisible directamente enterrado (A). Condiciones de instalación: una terna, 1 m profundidad, 25°C terreno, 1,5 K*m/W terreno	365
Intensidad máxima admisible al aire (A). Condiciones de instalación: una terna (a la sombra) a 40 °C	495
Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	22560
Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1s (A). Norma IEC 60949	3130

Características	HEPRZ1 12/20 kV
Resistencia del conductor a 20 °C ( $\Omega/\text{km}$ ) (una terna al tresbolillo)	0,125
Resistencia del conductor a Temperatura máxima (105 °C) ( $\Omega/\text{km}$ ) (una terna al tresbolillo)	0,168
Reactancia inductiva ( $\Omega/\text{km}$ ) (una terna al tresbolillo)	0,102
Capacidad ( $\mu\text{F}/\text{km}$ ) (una terna al tresbolillo)	0,435

Tabla 1.14.2.2 – Características del cable HEPRZ1 12/20 kV

### ❖ CANALIZACIONES.

Los cables aislados subterráneos de Media Tensión hasta 20 kV podrán canalizarse de las siguientes formas:

- **Cables entubados en zanja. Opción elegida para el cruzamiento sobre calzada.**

Este tipo de canalización será el que se utilice de forma prioritaria, salvo en los casos especiales que se detallan en los dos apartados siguientes.

Los tubos normalizados, según la Norma UNE-EN 50086-2-4, para estas canalizaciones serán de polietileno de alta densidad de color rojo de 6 metros de longitud y 160 mm de diámetro, con una resistencia a la compresión de 450 N y una resistencia al impacto de 40 J. Dichos tubos irán siempre acompañados de un tubo de polietileno de alta densidad de color verde de 125 mm de diámetro para la posible instalación de cables de comunicaciones para el sistema eléctrico según la Norma UNE-EN 50086-2-4.

Los tubos irán alojados en zanjas cuyas dimensiones mínimas y números de tubos que puede albergar son las que se muestran en la Tabla 1.14.2.3. Donde R significa tubo de reserva. La anchura de zanja indicada en la tabla 1.14.2.3 es válida siempre que el tendido de los cables se realice con medios mecánicos, pero cuando el tendido sea manual, será la suficiente para permitir el trabajo de un hombre, conforme a la normativa de riesgos laborales.

En todo momento la profundidad mínima a la parte superior del tubo más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada.

A juicio del técnico responsable de seguridad de la obra, se procederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad.

La tabla siguiente detalla las dimensiones mínimas de las zanjas y el número de tubos que puede albergar.



Canalización	Ancho (cm)	Profundidad (cm)			
		80	100	120	140
BAJO ACERA	20	1	2	-----	-----
	40	2	4	6	-----
	60	-----	-----	9	-----
A BORDE DE LA CALZADA	40	-----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
CRUCE DE CALZADA	40	-----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
	60	-----	-----	-----	8 + 1 R

Tabla 1.14.2.3 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos

Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor. A continuación, se cubrirán los tubos y se realizará el compactado mecánico, empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%, teniendo en cuenta que el tubo verde de comunicaciones irá situado por encima a 4 cm aproximadamente.

Se colocarán también una o dos (para el caso de 9 tubos) cintas de señalización de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm y a la parte superior del tubo de 25 cm.

En los cruzamientos de calzadas y ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido y se situarán sobre una capa de 4 cm de espesor. A continuación, se colocará el tubo verde de comunicaciones a 4 cm de la parte superior del tubo asegurando que este quede cubierto con una capa de como mínimo 4 cm de hormigón.

- **Cables directamente enterrados en zanja. Opción elegida para instalación en acera.**

Este tipo de canalización será el que se utilice de forma prioritaria en las zonas rurales y semiurbanas, cuya definición se indica en el artículo 99 del R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre.

Los cables irán alojados en zanjas cuyas dimensiones y número de ternas son las que se muestran en la siguiente tabla 1.14.2.4. En todo momento la profundidad mínima a la parte superior de la terna más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm. No se empleará este tipo de canalización en cruzamiento bajo calzada.

A juicio del técnico responsable de seguridad de la obra, se procederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad. La anchura de zanja indicada en la tabla 1.14.2.4 es válida siempre que el tendido de los cables se realice con medios mecánicos, pero

cuando el tendido sea manual, será la suficiente para permitir el trabajo de un hombre, conforme a la normativa de riesgos laborales.

Profundidad (cm)	Ancho (cm)	Número de ternas
80	20	1
	60	2

Tabla 1.14.2.4 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los cables, cubriendo los cables irá otra capa de arena de 10 cm y sobre ella irá siempre un tributo de polietileno de alta densidad de color verde de 40 mm de diámetro con las funciones de protección mecánica de los cables y posible instalación de cables de comunicaciones para el sistema eléctrico.

Se colocará un tributo para el caso de una terna y dos para el caso de dos ternas directamente enterradas.

A continuación, se rellenará toda la zanja de la misma forma que en el caso anterior, es decir, con el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%. Se colocarán también una cinta de señalización de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. Su distancia mínima al suelo será de 10 cm y a la parte superior del cable de 25 cm.

- **Cables al aire, alojados en galerías visitables. Opción no utilizada en el presente Proyecto.**

Este tipo de canalización se evitará en lo posible, utilizándose únicamente en el caso en que el número de conducciones sea tal que justifique la realización de galerías; o en los casos especiales en que no se puedan utilizar las canalizaciones anteriores.

Cuando la canalización se realice a lo largo de galerías, se tenderá preferentemente cable no propagador de incendio RHZ1 - 2OL (AS) 12/20 kV 1x240 mm<sup>2</sup> KAL + H16. En el primer tramo interior de salida de subestación, el cable será preferentemente no propagador de la llama RHZ1 - 2OL (S) 12/20 kV 1x240 mm<sup>2</sup> KAL + H16. Ambos de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

- **Limitación de servicios existentes.**

No se instalarán cables eléctricos en galerías donde existan conducciones de gases o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería

tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en el que evacua.

- **Condiciones generales.**

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería quedarán cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida del personal que esté en su interior. Deberán disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y así, contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C. Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

- **Galerías de longitud superior a 400 metros.**

Cuando la longitud de la galería visitable sea superior a 400 m, además de los requisitos anteriores, dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm.), de accesos de personal cada 400 m como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias, tabiques de sectorización contra incendios (RF 120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 m como máximo, según ITC-LAT 06.

- **Disposición e identificación de los cables.**

En la medida de lo posible, se dispondrán los cables de distintos servicios y propietarios sobre soportes diferentes y se mantendrá entre ellos distancias tales que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio se procurará agrupar los cables por niveles de tensión (por ejemplo, agrupando los cables de MT en el lado opuesto de los de AT).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la propiedad de la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

- **Sujeción de los cables.**

Los cables deberán ir fijados a las paredes de la galería mediante soportes tipo ménsula o palomillas y asegurados con bridas de manera que los esfuerzos térmicos y termodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de la Red, no puedan moverlos o deformarlos. Asimismo, los circuitos de cables dispondrán de sujeciones que mantengan juntas entre sí las tres fases.

- **Equipotencialidad de masas metálicas accesibles.**

Todos los elementos para sujeción de los cables (soportes tipo ménsula, palomillas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

- **Trazado.**

El trazado de las líneas se realizará de acuerdo con las siguientes consideraciones:

La longitud de la canalización será lo más corta posible.

Se ubicará, preferentemente, salvo casos excepcionales, en terrenos de dominio público, bajo acera, evitando los ángulos pronunciados.

El radio de curvatura una vez instalados los cables será superior de 10 (D + d), siendo D el diámetro exterior del cable y d el diámetro del conductor.

Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a sus ejes, salvo casos especiales, debiendo realizarse en posición horizontal y en línea recta.

Las distancias a fachadas estarán, siempre que sea posible, de acuerdo con lo especificado por los reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes.

Los trazados por zonas rurales que no discurran por vías públicas o paralelos a ellas se señalarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán cada 50 metros en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección.

Estos hitos serán prismáticos de 20 cm de lado y 60 cm de altura. Dispondrán de un espacio para la etiqueta identificativa de la línea subterránea según codificación propia de UNION FENOSA distribución. Estarán de acuerdo con los planos del documento n° 4 del Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20kV de UFD (planos).

#### ▪ **Puntos de acceso a la red.**

Se emplearán los puntos de acceso en zonas urbanas, donde frecuentemente se producen coincidencias de varias líneas en la misma canalización y existen otros servicios próximos.

Estos puntos de acceso facilitarán los tendidos de líneas a realizar en distintas fases evitando permisos y molestias al romper pavimentos, mejorando los tiempos de reposición del servicio al cliente en caso de averías en redes abiertas.

Los puntos de acceso se construirán de obra civil o prefabricado de hormigón de acuerdo con los planos del documento n° 4 del Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20kV de UFD (planos).

Las tapas serán de fundición esferoidal según la Norma UNE EN 124, el esfuerzo asignado será función del pavimento donde vayan situadas, y además las tapas irán equipadas con elementos antiruido.

#### ▪ **Cintas de señalización de peligro.**

Como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización, se colocará también una cinta de señalización para el caso de cables directamente enterrados y una o dos (para el caso de 9 tubos) para el caso de cables entubados.

La cinta de señalización será de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm en el caso de cables entubados y 10 cm al suelo en el caso de los cables directamente enterrados.

En ambos casos quedará como mínimo a 25 cm de la parte superior de los cables o tubos.

El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno. La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo S 0580-Y20R de acuerdo con la Norma UNE 48103. El ancho de la cinta de polietileno será de  $150 \pm 5$  mm y su espesor será de  $0,1 \pm 0,01$  mm.

#### ❖ **PARALELISMO.**

Los cables subterráneos de MT deberán cumplir las siguientes condiciones, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

#### • **Otros cables de energía eléctrica.**

Los cables de MT podrán instalarse paralelamente a otros de BT o AT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 25 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- **Cables de telecomunicación.**

En el caso de paralelismos entre cables MT y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 20 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- **Canalizaciones de agua.**

Los cables de MT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel de los cables eléctricos.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- **Canalizaciones de gas.**

Deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la Tabla 1.14.2.5.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,20 m	0,10 m

Tabla 1.14.2.5 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas

(\*) Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

- **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

Los cables de MT se instalarán separados de la conducción de alcantarillado bajo tubo a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción de alcantarillado bajo tubo quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de conducción de alcantarillado bajo tubo se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- ❖ **CRUZAMIENTOS CON VÍAS DE COMUNICACIÓN.**

- **Calzadas (Calles y carreteras).**

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie en el cruzamiento no será inferior a 0,60 m.

Los tubos serán normalizados según indica el apartado CANALIZACIONES y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular a la calzada.

- **Ferrocarriles.**

En los cruzamientos con ferrocarriles, los cables deberán ir entubados y la parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 m respecto de la cara inferior de la traviesa, rebasando las vías férreas en 1,5 m por cada extremo. Los tubos serán normalizados según indica el apartado CANALIZACIONES y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril y perpendiculares a la vía siempre que sea posible.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, calzadas con gran densidad de circulación, etc.) pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena.

- ❖ **CRUZAMIENTOS CON OTROS SERVICIOS.**

- **Otros cables de energía eléctrica.**

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de MT discurren por debajo de los de BT.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica será de 25 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- **Con cables de telecomunicaciones.**

La separación mínima entre los cables de MT y los de telecomunicación será de 20 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable MT como del cable de telecomunicación será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- **Canalizaciones de agua.**

En los cruzamientos de cables con conducciones de agua se guardará una distancia mínima de 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.



- **Canalizaciones de gas.**

En los cruces de cables con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la Tabla 1.14.2.6. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,20 m	0,10 m

Tabla 1.14.2.6 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas

(\*) Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

- **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

En los cruzamientos de cables con conducciones de alcantarillado bajo tubo se guardará una distancia mínima de 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la

conducción de alcantarillado bajo tubo o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m. del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

- **Depósitos de carburantes.**

Los cables se dispondrán separados mediante tubos normalizados según indica el punto CANALIZACIONES, los cuales distarán como mínimo 1,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 m por cada extremo.

- ❖ **ACOMETIDAS.**

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y las canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzca en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 30 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según indica el apartado CANALIZACIONES.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

- ❖ **PASO DE AÉREO A SUBTERRÁNEO.**

En el caso de un tramo subterráneo intercalado en una línea aérea se instalarán pararrayos autoválvulas en cada uno de sus extremos como elementos de protección contra sobretensiones, cuya conexión será lo más corta posible, sin curvas pronunciadas y garantizando el nivel de aislamiento del elemento a proteger.

En el paso aéreo a subterráneo, se instalará un dispositivo de seccionamiento cuando la longitud de la línea subterránea sea superior a 500 m.

Cuando el cable subterráneo esté destinado a alimentar un centro de transformación de cliente se instalará un seccionador ubicado en el poste más próximo a la conexión aéreo-subterránea o en el propio centro de transformación siempre que esté montado en una unidad funcional y de transporte separada del transformador. En cualquier caso, el seccionador quedará a menos de 50 m de la conexión aéreo-subterránea.

El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irá protegido con un tubo de plástico rígido de la resistencia mecánica adecuada, cuyo interior será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado.

Dicho tubo se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrá en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno. El diámetro del tubo será como mínimo 1,5 veces el diámetro de la terna de cables.

## ❖ **DISPOSITIVOS DE SECCIONAMIENTO Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN.**

### • **Dispositivos de seccionamiento.**

En el paso aéreo a subterráneo, se instalará un dispositivo de seccionamiento con elementos de maniobra de accionamiento unipolar, manual con pértiga, capaces de abrir y cerrar circuitos con tensión y corrientes despreciables (sin carga), de intensidad nominal acorde con las necesidades de la instalación. Cuando la maniobra unipolar pueda dar lugar a fenómenos de ferresonancia se estudiará en el proyecto la forma de evitarlos.

Tendrán un nivel de aislamiento entre contactos abiertos que proporcionen garantías de corte efectivo.

En caso de seccionamiento en la red subterránea, ésta se realizará, bien con conexiones enchufables o bien mediante celdas de aislamiento independiente de las condiciones atmosféricas.

### • **Sistemas de protección.**

Las protecciones existentes en la cabecera de la línea, cuyas características y disposición se recogerán en el proyecto de la subestación suministradora, se complementarán con las protecciones contra sobretensiones necesarias descritas a continuación:

- La protección contra sobretensiones en Media Tensión se realizará mediante la instalación de pararrayos autoválvulas, según la Norma UNE-EN 60099.
- Se colocará un juego de pararrayos autoválvulas en la línea aérea, en el mismo herraje que los terminales del cable a proteger de acuerdo con los planos del documento n.º 4 del Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20kV de UFD (planos).
- Si la línea subterránea enlazara dos líneas aéreas se colocará un juego de pararrayos autoválvulas en cada una de las líneas aéreas.

## ❖ **EMPALMES Y TERMINACIONES.**

En los puntos de conexión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes y terminaciones adecuados a las características de los conductores a unir.

Tanto los empalmes como las terminaciones no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable conectado debiendo cumplir las siguientes condiciones:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un solo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme o terminación ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio de los conductores.

- Los empalmes y terminaciones deben estar protegidos para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- Los empalmes y terminaciones deben resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.

En el caso de que las terminaciones de línea fuesen enchufables, éstas serán apantalladas y de acuerdo con las Normas UNE-EN 50180 y UNE-EN 50181.

#### ❖ **PUESTA A TIERRA.**

En las redes subterráneas de Media Tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de maniobra y protección.
- Apoyos.
- Pararrayos autoválvulas.
- Pantallas metálicas de los cables.

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea (Figura 1.14.2.1), y en ciertos casos especiales puede ser necesario conectar también las pantallas a tierra en los empalmes.

En el caso de canalización a lo largo de galerías visitables, se dispondrá una instalación de puesta a tierra única accesible a lo largo de toda la galería. Se dimensionará para la máxima corriente de defecto (fase-tierra) que se prevea pueda evacuar. El valor de la resistencia global de puesta a tierra de la galería debe ser tal que, durante la evacuación de un defecto, no se supere un cierto valor de tensión de defecto establecido en proyecto.

Además, las tensiones de contacto que puedan aparecer tanto en el interior de la galería como en el exterior (si hay transferencia de potencial debido a tubos u otros elementos metálicos que salgan al exterior), no deben superar los valores admisibles de tensión de contacto aplicada según la ITC-LAT 07.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra son:

- **Línea de tierra.**

Está constituida por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material. En función de la corriente de defecto y la duración de este, las secciones mínimas del conductor a emplear por la línea de tierra, a efectos de no alcanzar su temperatura máxima se deducirá según la expresión siguiente:

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} * \sqrt[2]{\frac{t}{\Delta\theta}} \quad (1.14.2.1)$$

En donde:

$I_d$  = Corriente de defecto en amperios ( $I_{dmax} = 16$  kA)

$t$  = Tiempo de duración de la falta en segundos ( $t = 0,1$  seg)

$\alpha$  (para  $t \leq 5$  seg) =  $\begin{cases} 12,1 & \text{para conductor de cobre} \\ 8 & \text{para conductor de aluminio} \\ 4,4 & \text{para conductor de acero} \end{cases}$

$\Delta\theta = 160$  °C para conductor aislado,  $180$ °C para conductor desnudo

En la siguiente tabla 1.14.2.7 se indican las secciones mínimas del conductor.

Sección (mm <sup>2</sup> )	Material	Duración de la falta (seg)							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3
Conductor desnudo	Cu	31	44	54	62	70	99	139	171
	Al	47	67	82	94	105	149	211	258
	Acero	86	121	148	171	192	271	383	469
Conductor aislado	Cu	33	47	57	66	74	105	148	181
	Al	50	71	87	100	112	158	224	274

Tabla 1.14.2.7 – Secciones mínimas en función de la duración de la falta

Se elegirán las secciones normalizadas, de valor igual o inmediatamente superior al calculado. En ningún caso, esta sección será inferior a 50 mm<sup>2</sup> para el cobre o aluminio y 100 mm<sup>2</sup> para el acero.

Los conductores para utilizar cumplirán con las Normas UNE 207015 para cables de cobre desnudo, UNE-EN 50182 para cables de aluminio desnudo, UNE EN 50189 para cables de acero y UNE-EN 60228 para cables aislados.

- **Electrodo de puesta a tierra.**

Los elementos de difusión vertical estarán constituidos por picas cilíndricas acoplables de 2 metros de longitud de acero-cobre según UNE 21056 y con un recubrimiento de cobre tipo recocido industrial según UNE 20003 con un espesor medio mínimo de 0,3 mm no siendo en ningún punto el espesor efectivo inferior a 0,27 mm.

La sección mínima para el anillo difusor, realizado en cobre, será 50 mm<sup>2</sup>.

### **1.14.3 Centro de seccionamiento**

El centro de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Gas Natural Fenosa.

Las celdas por emplear serán de la serie RM6 de Schneider Electric, un conjunto de celdas compactas equipadas con apartamento de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- UNESA Recomendación 6407 B.

Toda la apartamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0.1 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma UNE-EN 62271-1.

### **❖ OBRA CIVIL.**

#### **• Local.**

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo ECS-24 con una puerta peatonal de Schneider Electric, de dimensiones 1.243 x 2.000 y altura útil 1.326 mm, cuyas características se describen en este apartado del Proyecto.

El acceso al Centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora. El Centro dispondrá de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por la Compañía Eléctrica.

#### **• Características del local.**

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo ECS de Schneider Electric.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie ECS, de seccionamiento (sin transformador) serán:

○ **Compacidad.**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.
- Soluciones llave en mano.

○ **Facilidad de instalación.**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

○ **Material.**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

○ **Equipotencialidad.**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (Recomendación UNESA 1303-A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

○ **Impermeabilidad.**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

○ **Grados de protección.**

Serán conformes a la UNE 23024 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- **Envolvente.**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

- **Suelos.**

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- **Puertas y rejillas de ventilación.**

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

- ❖ **INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

- **Características de la Red de Alimentación.**

La red de alimentación al centro de seccionamiento será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

- **Características de la Aparamenta de Alta Tensión.**

- **Características generales celdas RM6.**

- Tensión asignada: 24 kV.



- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV eficaces.
  - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en funciones de protección: 200 A (400 A en el interruptor automático).
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA eficaces.

○ **Celdas de tres interruptores con telemando GPRS/FO.**

Conjunto Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM63LUF3TCG telemandada, equipado con TRES funciones de línea con interruptor, de dimensiones: 1.142 mm de alto, 1.850 mm de ancho, 710 mm de profundidad.

Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, 24 kV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea, conteniendo:

- El interruptor de la función de línea será un interruptor-seccionador de las siguientes características:
  - Resistencia arco interno: IAC AFL 16 kA 1 seg.
  - Intensidad térmica: 16 kA eficaces.
  - Poder de cierre: 40 kA cresta.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Palanca de maniobra.
- Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- 3 lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- Pasatapas de tipo roscados M16 de 400 A en las funciones de línea.
- Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- Presostato para el control de la presión del gas.
- 3 sensores de intensidad de fase y 1 sensor de intensidad homopolar por cada función de línea telemandada.
- 3 sensores de tensión para el DPF direccional por función de línea telemandada.
- La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total

insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

- 3 equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400 A cada uno.
- Todas las funciones de línea irán equipadas con mando motorizado a 48 Vcc, incluyendo los contactos auxiliares.
- Armario sobre celda para incluir los equipos de telecontrol conteniendo:

CHASIS 3L para el soporte, alimentación e interconexión de las remotas de telecontrol.  
Tres DPF direccionales.

Una remota telecontrol con 16 entradas / 6 salidas.

Cableado interior entre cada remota y cada motor (mandos y señalización).

Bornas para alimentación de 48Vcc de la propia celda, así como bornas para posible ampliación futura.

Maneta local-telemando en cada posición de línea.

Botones para el accionamiento manual de cada interruptor (abierto-cerrado).

Fuente de alimentación con su soporte en formato rack de 19 pulgadas.

Router GPRS/3G 6-Ethernet.

#### ❖ **PUESTA A TIERRA.**

- **Tierra exterior.**

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

- **Tierra interior.**

La tierra interior del centro de seccionamiento tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior.

La tierra interior se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

## ❖ **INSTALACIONES SECUNDARIAS.**

### • **Alumbrado.**

En el interior del centro de seccionamiento se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos de este. El nivel medio será como mínimo de 150 lux y la alimentación de la iluminación es exterior.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

### • **Protección contra Incendios.**

Al no existir líquidos inflamables en el sistema propuesto, no se consideran necesarias medidas especiales de protección contra incendios.

### • **Medidas de Seguridad en celdas RM6.**

Los conjuntos compactos RM6 estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrado se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo, es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, gracias a su metalización exterior, estará colocado a tierra todo el compartimento, garantizándose así la total ausencia de tensión cuando sea accesible.

#### **1.14.4 Centros de transformación**

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Gas Natural Fenosa.

Las celdas por emplear serán de la serie SM6 de Schneider Electric, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento del juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

#### ❖ OBRA CIVIL.

##### • Local.

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo ECS-24 con una puerta peatonal de Schneider Electric, de dimensiones según plano Centro Transformación 400 kVA (número 10), cuyas características se describen en este apartado del Proyecto.

El acceso al Centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora. El Centro dispondrá de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por la Compañía Eléctrica.

##### • Características del local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón de la serie Modular de Schneider Electric formada por los elementos siguientes:

##### ○ Base.

Será una cubeta prefabricada de hormigón armado con mallazo electrosoldado de varilla de acero y vibrado por medio de aguja.

Esta base se colocará en un foso del terreno, cuyas dimensiones se indican en plano Foso Centro Transformación 400 kVA (número 11), y en cuyo fondo, a fin de obtener un lecho elástico, se colocará una capa nivelada de arena lavada de 15 cm de espesor.

En la base irán dispuestos orificios para la entrada y salida de cables, tanto de BT como de AT, y, en la zona inmediata inferior de la posición del transformador, se colocará una cuba de recogida de aceite, si el transformador lo requiere, (no necesaria en este modelo).

Si el edificio prefabricado consta de más de una base, éstas se atornillarán entre sí.

#### ○ **Paredes.**

Serán placas de hormigón armado con mallazo electrosoldado de acero, todo el conjunto vibrado en mesa. La dosificación del hormigón será la adecuada para conseguir, con el menor peso y espesor posible, gran resistencia mecánica y una perfecta impermeabilización.

Unos cajetines de acero situados en los bordes permitirán el acoplamiento de las paredes entre sí mediante tornillos. Estos cajetines, una vez efectuada la unión y ofreciendo una estética suficiente, permitirán desmontar y montar el centro cuantas veces se desee.

Entre los paneles que conforman las paredes se colocarán dobles juntas de espuma de neopreno, para evitar la infiltración de humedad.

La terminación exterior de las paredes será de canto rodado visto, a fin de conseguir una superficie rugosa de una gran duración y de agradable estética.

#### ○ **Suelos.**

Serán elementos planos, de hormigón armado y vibrado en mesa, de la composición adecuada para conseguir una gran resistencia mecánica. Colocados sobre la base, constituirán el piso del edificio prefabricado: sobre ellos se colocarán las cabinas de media tensión, cuadros de baja tensión y demás elementos del centro. En ellos existen unos orificios que permiten el acceso a las celdas y cuadros eléctricos.

En la parte central, se dispondrán trampillas, de poco peso, que permitirán el acceso a la parte inferior de la base a fin de facilitar la confección de botellas, conexión de cables, etc.

#### ○ **Techos.**

Compuestos por elementos de unas características similares a las de las paredes, presentará una pendiente mínima del 2%, para evitar la acumulación de aguas.

Dobles juntas de neopreno que se sellarán posteriormente con resinas epoxi garantizarán la estanqueidad de la cubierta.

- **Rejillas de ventilación.**

Las rejillas de ventilación del edificio modular estarán construidas en chapa de acero galvanizado. El grado de protección para el que estarán diseñadas las rejillas será IP-33. Estas rejillas estarán diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación de aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Todas las rejillas de ventilación irán provistas de una tela metálica mosquitera.

- **Puertas y persianas.**

Serán de chapa de acero galvanizado tipo galvamir de 2 mm, pintadas posteriormente por electroforesis con pintura epoxi que polimeriza en horno.

Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las persianas se pueden desmontar, por medio de tornillos desde el interior, de tal modo que la introducción o extracción del transformador se realice a nivel del suelo y sin necesidad de grúas de gran potencia. Unas finas mallas metálicas impedirán la penetración de insectos, sin que por ello disminuya la capacidad de ventilación.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

## ❖ **INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

- **Características de la Red de Alimentación.**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

- **Características de la Aparamenta de Alta Tensión.**

- **Características generales celdas SM6.**

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV eficaces.
  - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A, (630 A según modelo).
- Intensidad asignada en el interruptor automático: 400 A, (630 A según modelo).

- Intensidad asignada en ruptofusibles: 200 A.
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA eficaces.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP2X / IK08.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

○ **Celda de línea.**

Celda Schneider Electric de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

○ **Celda de protección con interruptor automático.**

Celda Schneider Electric de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.220 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA.
- Mando RI de actuación manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- 3 transformadores toroidales para la medida de corriente mediante Sepam.
- Relé Sepam S20 destinado a la protección general o a transformador. Dispondrá de las siguientes protecciones y medidas:

Máxima intensidad de fase (50/51) con un umbral bajo a tiempo dependiente o independiente y de un umbral alto a tiempo independiente.

Máxima intensidad de defecto a tierra (50N/51N) con un umbral bajo a tiempo dependiente o independiente y de un umbral alto a tiempo independiente.

Medida de las distintas corrientes de fase.

Medida de las corrientes de apertura ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_0$ ).

El correcto funcionamiento del relé estará garantizado por medio de un relé interno de autovigilancia del propio sistema. Tres pilotos de señalización en el frontal del relé indicarán el estado del Sepam (aparato en tensión, aparato no disponible por inicialización o fallo interno, y piloto “trip” de orden de apertura).

El Sepam es un relé indirecto alimentado por batería + cargador.

Dispondrá en su frontal de una pantalla digital alfanumérica para la lectura de las medidas, reglajes y mensajes.

- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general BT no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.



○ **Celda de medida.**

Celda Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada inferior por cable y salida superior derecha por barras, gama SM6, modelo GBCD, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm de profundidad, 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada inferior por cable seco unipolar y salida superior derecha por barras.
- 3 transformadores de intensidad de relación 12.5-25/ 5 A CL 5 VA CL 0.5S,  $I_{th} = 200 I_n$ , gama extendida al 150% y aislamiento 24 kV.
- 3 transformadores de tensión unipolares, modelo de alta seguridad (antiexplosivos), de relación 22000: V3/110: V3-110: 3 15VA CL 0.2 50VA 3P, potencia a contratar de 700 kW,  $F_t = 1,9$  y aislamiento 24 kV.

○ **Celda 1 de protección con interruptor-fusibles combinados.**

Celda Schneider Electric de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad y 1.600 mm de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA, equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 25 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general BT no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

○ **Celda 2 de protección con interruptor-fusibles combinados.**

Celda Schneider Electric de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad y 1.600 mm de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA, equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 25 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general BT no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

○ **Transformador 1.**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia TRIHAL400-24, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V entre fases y 242 V entre fases y neutro (\*).

(\*) Tensiones según:

- UNE 21301.
- UNE 21538-1.

El transformador por instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Schneider Electric, encapsulado en resina epoxi (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un

encapsulado ignifugado autoextinguible. Los bobinados en BT serán resistentes a una tensión de frecuencia industrial de 10 kV.

Los arrollamientos de AT se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (nivel C3).
- Ensayos de condensación y humedad (nivel E3).
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Además, se le exigirá al fabricante una garantía de 5 años si se cumplen y se certifican las condiciones de instalación indicadas por el mismo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a las normas UNE 21538-1, EN 50881-1 y al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 400 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20.000 V.
- Regulación en el primario: +/- 2,5%, +/- 5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:

Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.

Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

- Conexión en el lado de alta tensión:

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

- Conexión en el lado de baja tensión:

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 2x240 mm<sup>2</sup> Al para las fases y de 1x240 mm<sup>2</sup> Al para el neutro.

- Dispositivo térmico de protección

Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

- **Transformador 2.**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia TRIHAL400-24, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V entre fases y 242 V entre fases y neutro (\*).

(\*) Tensiones según:

- UNE 21301.
- UNE 21538-1.

El transformador por instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Schneider Electric, encapsulado en resina epoxi (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignifugado autoextinguible. Los bobinados en BT serán resistentes a una tensión de frecuencia industrial de 10 kV.

Los arrollamientos de AT se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (nivel C3).
- Ensayos de condensación y humedad (nivel E3).
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Además, se le exigirá al fabricante una garantía de 5 años si se cumplen y se certifican las condiciones de instalación indicadas por el mismo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a las normas UNE 21538-1, EN 50881-1 y al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 400 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20.000 V.
- Regulación en el primario: +/- 2,5%, +/- 5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:

Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.

Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

- Conexión en el lado de alta tensión:

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

- Conexión en el lado de baja tensión:

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 2x240 mm<sup>2</sup> Al para las fases y de 1x240 mm<sup>2</sup> Al para el neutro.

- Dispositivo térmico de protección

Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

- **Características de material vario de Alta Tensión.**

- **Embarrado general celdas SM6.**

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

- **Piezas de conexión celdas SM6.**

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza Allen de M8. El par de apriete será de 2.8 mdaN.

- **Características de la aparamenta de Baja Tensión.**

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación forman parte de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

- ❖ **MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de HIMEL modelo PL77/AT-UF de dimensiones 750 mm de alto x 750 mm de largo y 300 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Un contador-registrador multitarifa de energía Activa/Reactiva, 4 hilos, de clase 0,5S (mejor o igual) en activa y 1 (mejor o igual) en reactiva.
- Un modem para comunicación remota.
- Una regleta de comprobación de 10 contactos, homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

- ❖ **PUESTA A TIERRA.**

- **Tierra de Protección.**

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

- **Tierra de Servicio.**

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de cálculo de la instalación de puesta a tierra de este proyecto.

- **Tierras interiores.**

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

❖ **INSTALACIONES SECUNDARIAS.**

- **Alumbrado.**

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos de este. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalizará los accesos al centro de transformación.

- **Baterías de Condensadores.**

Se instalan una batería de condensadores de 1.964,89 kVAR a 7,7 kV conectados en estrella en la red de MT, ya que esta configuración permite instalar un módulo para los dos ternos de conductores en la cabecera de la instalación en el interior del CT 1, para así, lograr compensar toda la potencia reactiva con un factor de potencia igual a 1.

Se opta por el diseño de la batería de condensares a medida por parte del fabricante Circutor, para así, adaptarse mejor a las necesidades de la instalación eléctrica objeto de este Proyecto de ejecución. Se prevé que esté compuesta por 6 escalones: 3 condensadores monofásicos de 150 kVAR y 3 condensadores monofásicos de 500 kVAR.

- **Protección contra Incendios.**

De acuerdo con la instrucción ITC-RAT 14 en su apartado 5.1 de la sección b.1, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

- **Ventilación.**

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La justificación técnica de la correcta ventilación del centro se encuentra en el apartado de cálculo de este proyecto.

- **Medidas de Seguridad en celdas SM6.**

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 62271-200, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.
- Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

#### **1.14.5 Red de distribución en baja tensión**

En este capítulo se indicará las características y obligaciones que deben cumplir cada una de las partes de la instalación eléctrica de Baja Tensión según la normativa expuesta el apartado 1.10, Normas y Referencias, del presente proyecto.

- ❖ **ACOMETIDA.**

El artículo 14 y 15 del RBT describe las especificaciones particulares de las empresas Suministradoras relativas a las acometidas. Se denomina acometida la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección o



unidad funcional equivalente. La acometida será responsabilidad de la empresa suministradora, UFD, que asumirá la inspección y verificación final.

Las compañías suministradoras facilitarán los valores máximos previsibles de las potencias o corrientes de cortocircuito de sus redes de distribución, con el fin de que el proyectista tenga en cuenta este dato en sus cálculos.

Las empresas suministradoras podrán proponer especificaciones sobre la construcción y montaje de acometidas, líneas generales de alimentación, instalaciones de contadores y derivaciones individuales, señalando en ellas las condiciones técnicas de carácter concreto que sean precisas para conseguir mayor homogeneidad en las redes de distribución y las instalaciones de los abonados.

En virtud de lo establecido en el artículo 14 del actual RBT, Unión Fenosa Distribución, redacta las Especificaciones Particulares para Instalaciones de Enlace de Baja Tensión, ajustándose a los preceptos establecidos en dicho Reglamento y señalando las condiciones técnicas de carácter concreto que se han estimado oportunas de las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias.

Esta norma será de obligado cumplimiento en el ámbito de actuación de Unión Fenosa Distribución. Cuando la experiencia adquirida en su aplicación o el desarrollo e innovación tecnológica así lo aconsejen, la presente norma deberá ser revisada o ampliada, previa aprobación por el centro directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Ciencia y Tecnología u, organismo competente de la correspondiente Comunidad Autónoma.

A consecuencia de la aprobación del reglamento unificado de puntos de medida en Baja Tensión, Real Decreto 1110/2007 de 24 de agosto, se menciona la introducción y explotación de nuevos equipos de medida y sistemas de telegestión.

La entrada y posible salida de los cables de acometida o red se hará siempre por la parte inferior de la caja. Todos los orificios previstos al efecto tendrán el diámetro adecuado a los cables que se van a conectar. En las instalaciones a la intemperie los orificios para paso de cables dispondrán de los dispositivos adecuados (prensaestopas, conos de reducción, etc.), que permitan una adecuada estanqueidad. Los tubos de la acometida deberán situarse en la vertical de los bornes donde se va a conexionar.

Dichas especificaciones deberán ajustarse, en cualquier caso, a los preceptos del Reglamento, y ser aprobadas por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en caso de que se limiten a su ámbito territorial, o por centro directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Ciencia y Tecnología, en caso de aplicarse en más de una Comunidad Autónoma, pudiéndose exigir para ello el

dictamen de una entidad competente en la materia. Las normas particulares así aprobadas deberán publicarse en el correspondiente Boletín Oficial.

La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-10, Previsión de cargas para suministros en baja tensión. La carga total prevista en los capítulos 2, 3 y 4, será la que hay que considerar en el cálculo de los conductores de las acometidas y en el cálculo de las instalaciones de enlace.

La ITC-BT-11 describe las Redes de distribución de energía eléctrica, Acometidas, y la define como la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente.

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser: Aéreas, posada sobre fachada o tensada sobre poste; Subterráneas, con entrada y salida o en derivación; Mixtas, aéreo-subterráneas.

#### ❖ CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN.

El artículo 15 del RBT indica que las cajas generales de protección alojan elementos de protección de las líneas generales de alimentación y señalan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

La ITC-BT-12 define las instalaciones de enlace como aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario. Comenzarán, por tanto, en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección.

Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario, que se responsabilizará de su conservación y mantenimiento.

Para un solo usuario como es el caso del presente proyecto respecto las naves industriales, se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida, dicho elemento se denominará caja de protección y medida, y no existir, por tanto, la Línea general de alimentación o Línea repartidora como se designaba antiguamente. En consecuencia, el fusible de seguridad coincide con el fusible de la CGP.

La ITC-BT-13 indica que las cajas generales de protección en el caso de edificios que alberguen en su interior un centro de transformación para distribución en baja tensión, los fusibles del cuadro de baja tensión de dicho centro podrán utilizarse como protección de la línea general de alimentación, desempeñando la función de caja general de protección. En este caso, la propiedad y el mantenimiento de la protección serán de la empresa suministradora.

Cuando la acometida sea aérea podrán instalarse en montaje superficial a una altura sobre el suelo comprendida entre 3 m y 4 m. Cuando se trate de una zona en la que esté previsto el paso de la red aérea a red subterránea, la caja general de protección se situará como si se tratase de una acometida subterránea.

Cuando la acometida sea subterránea, caso particular del presente proyecto, se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.

En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.

Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas. No se alojarán más de dos cajas generales de protección en el interior del mismo nicho, disponiéndose una caja por cada línea general de alimentación. Cuando para un suministro se precisen más de dos cajas, podrán utilizarse otras soluciones técnicas previo acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Los usuarios o el instalador electricista autorizado sólo tendrán acceso y podrán actuar sobre las conexiones con la línea general de alimentación, previa comunicación a la empresa suministradora.

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

El esquema de caja general de protección a utilizar estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación y lo determinará la empresa

suministradora. En el caso de alimentación subterránea, las cajas generales de protección podrán tener prevista la entrada y salida de la línea de distribución.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102 y serán precintables.

Según las normas particulares de Unión Fenosa estará formada por una envolvente aislante de clase térmica A como mínimo, y autoextinguible según la norma EN 60085, precintable, que contendrá fundamentalmente los bornes de conexión y las bases para cortacircuitos fusibles (BUC), tal como se aprecia en la siguiente Figura 1.14.5.1.

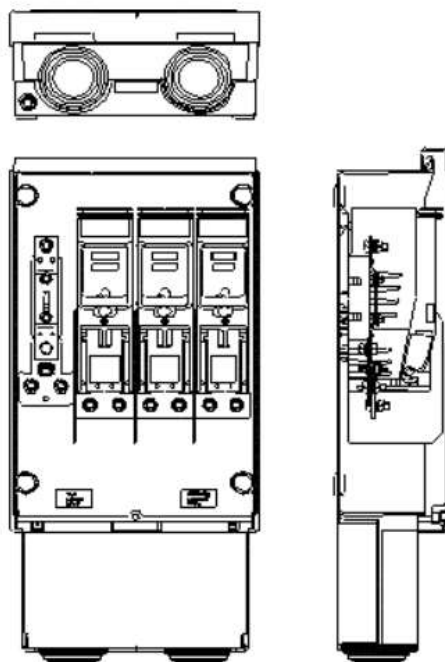


Figura 1.14.5.1 - Caja General de Protección (Normas UFD)

Tanto las CGP como los cuadros de protección con bases tripolares verticales cerradas (CP/BTVC), en los casos en que existan varias líneas generales de alimentación (LGA), deberán tener su interior ventilado con el fin de evitar las condensaciones. Los elementos que proporcionen esta ventilación no deberán reducir el grado de protección establecido.

Donde la tapa esté unida a éstas mediante bisagras, las puertas de cierre de los mechinales tendrán grado de protección IK 10 según norma UNE-EN 50102. Las CGP y los CP/BTVC cumplirán con lo especificado sobre conjuntos de aparamenta de BT en la norma UNE-EN 60439-1.

La tensión asignada será de 500 V y las intensidades asignadas en amperios, corresponderán a alguno de los siguientes valores:

- Para BUC en CGP: 100-160-250-(400).
- Para BTVC en CP/BTVC: 160-(400) - (630).

En el presente proyecto se instalarán las cajas CGP-7-160/BUC con fusibles de 100 y 160 A según la potencia prevista, además de la CGP-7-250/BUC con fusible de 250 A para los mayores consumidores. La caja CGP-7 seguirá el esquema que se indica en la siguiente Figura 1.14.5.2.

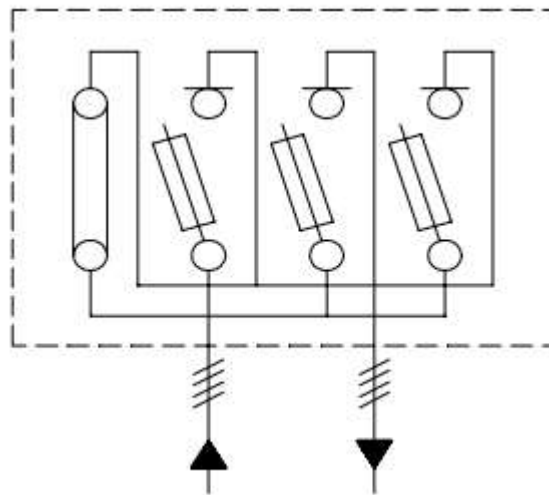


Figura 1.14.5.2 - CGP-7 (Normas UFD)

Mientras que las intensidades de paso en amperios de los embarrados serán las siguientes:

- Para embarrado de CGP con Reparto: 400 A.
- Para cada embarrado en las CP/BTVC: 1200 A.

Por norma general se instalará una CGP o CP/BTVC con fusibles de hasta 250 A. Las CGP o CP/BTVC con fusibles de 400 o 630 A se instalarán única y exclusivamente en aquellos casos especiales en que vayan a alimentar una LGA que alimenta una “Caja de Derivación” según los criterios establecidos en los apartados 9.4 y 9.5 de las normas particulares de Unión Fenosa. En estos casos especiales se justificará la coordinación de protecciones con los fusibles de protección del CBT del CT.

En general, cada edificio será alimentado por una sola acometida, considerando como tal el conjunto de cables provenientes de un punto de conexión en la red de BT o de una o varias posiciones de los cuadros de baja de un único centro de transformación. A su vez una acometida alimentará una sola CGP, de la cual podrán partir hasta un máximo de dos LGA. Si fuesen necesarias más de dos LGA, se adoptarán otras soluciones tales, como la instalación de un barraje general de distribución con CP/BTVC (bases tripolares verticales).

Toda LGA tanto si parte de una CGP como si parte de una Caja de Derivación, estará protegida por un solo juego de cortacircuitos fusibles. En el interior de un mismo mechnal podrán alojarse un máximo de dos CGP.

Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y UNIÓN FENOSA distribución. En general la CGP se instalará en el límite de la propiedad sobre fachada exterior, (superficialmente o empotrada), en el interior de mechnales con puerta (en la fachada, cerramiento o paramento de obra de fábrica) en lugar de libre y fácil acceso, y donde se disponga, en su caso, de autorización por servidumbre de paso en zonas de libre acceso desde la vía pública. Se entiende por libre y fácil acceso, la posibilidad de llegar a la CGP sin necesidad de traspasar ningún tipo de local o zona de acceso a recintos privados. Los CP/BTVC no se instalarán en ningún caso en el interior de portales.

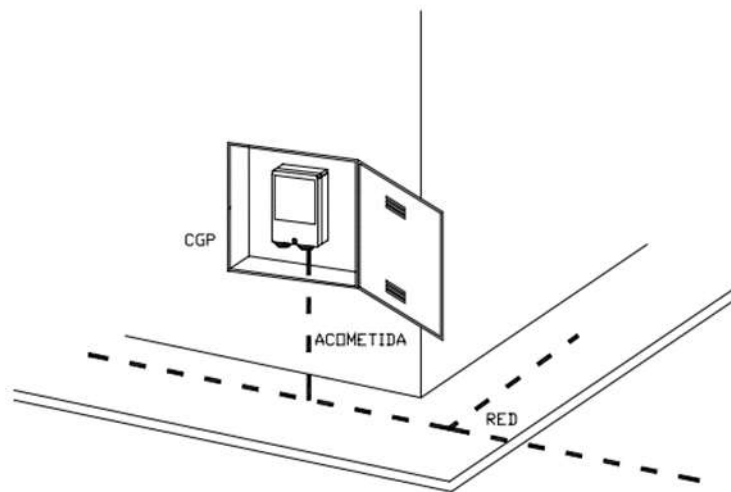


Figura 1.14.5.3 - Ubicación de CGP en mechnal con acometida subterránea (Normas UFD)

En todos los casos la ubicación elegida deberá estar lo más próxima posible a la red de distribución y quedar siempre alejada de instalaciones telefónicas. También debe quedar alejada, o en su defecto protegida adecuadamente, de las proyecciones de otras instalaciones, tales como agua y gas.

La CGP no podrá estar nunca instalada sobre la vertical de un acceso o hueco en la fachada del edificio (portales, rampas o accesos a garajes, soportales, puertas, ventanas, terrazas, etc.).

Conforme a la ITC-BT-06 se deberá respetar una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Si se produce una circunstancia particular la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 de la ITC-BT-06 para cada caso en particular. En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse como distancias mínimas a ventanas, 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura; y

a balcones, 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1,00 metros a los bordes laterales del balcón.

#### ❖ **LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN.**

El artículo 15 del RBT define la Línea general de alimentación como la parte de la instalación que enlaza una caja general de protección con las derivaciones individuales que alimenta.

La ITC-BT-14 indica que la LGA es aquella que enlaza la Caja General de Protección con la centralización de contadores. De una misma línea general de alimentación pueden hacerse derivaciones para distintas centralizaciones de contadores.

Las líneas generales de alimentación estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

En los casos anteriores, los tubos y canales, así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción, ITC-BT-14. Las canalizaciones incluirán, en cualquier caso, el conductor de protección.

El trazado de la línea general de alimentación será lo más corto y rectilíneo posible, discurriendo por zonas de uso común.

Cuando se instalen en el interior de tubos, su diámetro en función de la sección del cable a instalar será el que se indica en la tabla 1 de la ITC-BT-14. Las dimensiones de otros tipos de canalizaciones deberán permitir la ampliación de la sección de los conductores en un 100%.

En instalaciones de cables aislados y conductores de protección en el interior de tubos enterrados se cumplirá lo especificado en la ITC-BT-07, excepto en lo indicado en la presente instrucción, ITC-BT-14.

Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas o embutidas, de modo que no puedan separarse los extremos. Además, cuando la línea general de alimentación discurra

verticalmente lo hará por el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica empotrado o adosado al hueco de la escalera por lugares de uso común.

La línea general de alimentación no podrá ir adosada o empotrada a la escalera o zona de uso común cuando estos recintos sean protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96.

Se evitarán las curvas, los cambios de dirección y la influencia térmica de otras canalizaciones del edificio. Este conducto será registrable y precintable en cada planta y se establecerán cortafuegos cada tres plantas, como mínimo y, sus paredes tendrán una resistencia al fuego de RF 120 según NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30. Las dimensiones mínimas del conducto serán de 30 x 30 cm y se destinará única y exclusivamente a alojar la línea general de alimentación y el conductor de protección.

Los conductores por utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV. Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 parte 4 o 5 cumplen con esta prescripción. Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

Siempre que se utilicen conductores de aluminio, las conexiones de este deberán realizarse utilizando las técnicas apropiadas que eviten el deterioro del conductor debido a la aparición de potenciales peligrosos originados por los efectos de los pares galvánicos.

La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes, exceptuándose las derivaciones realizadas en el interior de cajas para alimentación de centralizaciones de contadores. La sección mínima será de 10 mm<sup>2</sup> en cobre o 16 mm<sup>2</sup> en aluminio.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta, tanto la máxima caída de tensión permitida, como la intensidad máxima admisible. La caída de tensión máxima permitida será:

- Para líneas generales de alimentación destinadas a contadores totalmente centralizados: 0,5 por 100.



- Para líneas generales de alimentación destinadas a centralizaciones parciales de contadores: 1 por 100.

La intensidad máxima admisible por considerar será la fijada en la UNE 20460 -5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje, de acuerdo con la previsión de potencias establecidas en la ITC-BT-10.

Para la sección del conductor neutro se tendrán en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse.

El conductor neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50 por 100 de la correspondiente al conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en la tabla 1 de la ITC-BT-14.

Según las normas particulares de Unión Fenosa la LGA no podrá nunca discurrir a través de centros de transformación, garajes, trasteros, cuartos técnicos (calderas, huecos de ascensores, estaciones de bombeo, cuartos de motores de aparatos elevadores, etc.), ni verticalmente por escaleras o zonas de uso común definidas como “protegidas” según el CTE ni a través de cualquier otro habitáculo de características similares.

En caso de utilizar canales cerradas deben precisar de un útil específico para su apertura.

Cuando se precise construir varias líneas generales de alimentación y discurran por el interior de tubos, las canalizaciones estarán formadas por tubos independientes.

Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas o embutidas, de modo que no puedan separarse los extremos. En canalizaciones empotradas, los tubos podrán ser rígidos, curvables o flexibles y cumplirán las características descritas en la Tabla 3 de la ITC-BT-21.

El cumplimiento de las características indicadas en las tablas mencionadas estará establecido por los ensayos indicados en Normas UNE-EN 61386-21, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 61386-23 para tubos rígidos, curvables y flexibles respectivamente.

En los cambios de dirección, los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a la Norma UNE-EN 61386-22.

Si la línea general de alimentación tiene excesiva longitud o trayectoria, que pueda resultar difícil el cambio de conductores por la conducción por donde discurre, se establecerán los registros precintables adecuados. Se evitarán las curvas, los cambios de dirección y la influencia térmica de otras canalizaciones del edificio.

En los cruces y paralelismos con conducciones de agua y gas, las canalizaciones eléctricas discurrirán siempre por encima de aquéllas y a una distancia de 20 cm como mínimo. La

línea o líneas generales de alimentación se instalarán por una canaladura de fábrica preparada al efecto por la vertical de escalera en los siguientes casos:

- Cuando la línea general de alimentación discurra verticalmente.
- Cuando el edificio disponga de concentración de contadores por plantas.

Por cada CGP debe instalarse una sola LGA, por lo que generalmente no superará los 400 A, conforme con la intensidad de su protección (CGP). En casos especiales con previsiones de carga elevadas, se podrán justificar derivaciones de la LGA, que se realizarán en cajas de derivación, que irán provistas de la protección correspondiente, y ubicadas en la Centralización de Contadores.

La carga que transportar por cada LGA será igual a la suma de las cargas correspondientes a cada uno de los puntos de medida que ésta tenga que alimentar, aplicando, en su caso, los coeficientes de simultaneidad correspondientes según la ITC-BT 010.

En estos casos y también cuando se superen los 400 A, las características y condiciones de instalación de la LGA serán acordados entre la propiedad y UNION FENOSA distribución, cumpliendo siempre lo establecido en el RBT.

En edificios destinados a concentración de viviendas, oficinas, locales comerciales o industrias, se establecerá una única línea general de alimentación o tramo derivado de ésta, por cada centralización de contadores. La carga correspondiente de esta LGA o tramos no será superior a los 250 A.

Para el cálculo de las líneas generales de alimentación se deberán considerar los siguientes aspectos:

- Potencia máxima prevista.
- Características de la alimentación.
- Longitud de la línea.
- Tipo de cable y disposición de instalación.

La sección de los conductores deberá determinarse en función de:

- Temperatura máxima admisible.
- Caída de tensión admisible: 0,5% para centralizaciones en planta baja y 1% para centralizaciones por plantas.
- Intensidad máxima admisible.
- Previsión de desequilibrios y corrientes armónicas.

## ❖ CENTRALIZACIÓN DE CONTADORES Y EQUIPOS.

El conjunto de derivación individual e instalación interior constituye la instalación privada.

La colocación de los contadores en función de sus características técnicas del proyecto a realizar se adaptará a uno de los esquemas siguientes:

### ○ Para un solo usuario.

En este caso se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida. Esquema utilizado en el presente proyecto.

### ○ Para más de un usuario.

Las instalaciones de enlace se ajustarán a los siguientes esquemas según la colocación de los contadores:

- Colocación de contadores para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar.

El esquema puede generalizarse para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar. Por lo tanto, es válido lo indicado para los fusibles de seguridad para un solo usuario.

- Colocación de contadores en forma centralizada en un lugar.

Este esquema es el que se utilizará normalmente en conjuntos de edificación vertical u horizontal, destinados principalmente a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias.

- Colocación de contadores en forma centralizada en más de un lugar.

Este esquema se utilizará en edificios destinados a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias donde la previsión de cargas haga aconsejable la centralización de contadores en más de un lugar o planta.

Igualmente se utilizará para la ubicación de diversas centralizaciones en una misma planta en edificios comerciales o industriales, cuando la superficie de esta y la previsión de cargas lo aconseje.

También se podrá aplicar en las agrupaciones de viviendas en distribución horizontal dentro de un recinto privado.

Este esquema se aplica en el caso de centralización de contadores de forma distribuida mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas, que cumplan lo establecido en la norma UNE-EN 60439 -2.

Según se indica en la ITC-BT-16, los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en:

- Módulos (cajas con tapas precintables).
- Paneles.
- Armarios.

Todos ellos, constituirán conjuntos que deberán cumplir la norma UNE-EN 60439 partes 1, 2 y 3. El grado de protección mínimo que deben cumplir estos conjuntos, de acuerdo con la norma UNE 20324 y UNE-EN 50102, respectivamente es:

- Para instalaciones de tipo interior: IP40; IK 09.
- Para instalaciones de tipo exterior: IP43; IK 09.

Deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso.

Las partes transparentes que permiten la lectura directa, deberán ser resistentes a los rayos ultravioleta. Cuando se utilicen módulos o armarios, éstos deberán disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su grado de protección.

Las dimensiones de los módulos, paneles y armarios serán las adecuadas para el tipo y número de contadores, así como del resto de dispositivos necesarios para la facturación de la energía, que según el tipo de suministro deban llevar.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro.

Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.

Los cables serán de 6 mm<sup>2</sup> de sección, salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que afecta a previsión de cargas y caídas de tensión, en cuyo caso la sección será mayor.

Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21.022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas; y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21027-9 (mezclas termoestables) o a la norma UNE 211002 (mezclas termoplásticas) cumplen con esta prescripción.

Asimismo, deberá disponer del cableado necesario para los circuitos de mando y control con el objetivo de satisfacer las disposiciones tarifarias vigentes. El cable tendrá las mismas características que las indicadas anteriormente, su color de identificación será el rojo y con una sección de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Las conexiones se efectuarán directamente y los conductores no requerirán preparación especial o terminales.

La colocación en forma individual se utilizará sólo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar. Se hará uso de la Caja de Protección y Medida, de los tipos y características indicados en el apartado 2 de ITC MIE-BT-13, que reúne bajo una misma envolvente, los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria.

En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección. El emplazamiento de la Caja de Protección y Medida se efectuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.1 de la ITC MIE-BT-13.

Para suministros industriales, comerciales o de servicios con medida indirecta, dada la complejidad y diversidad que ofrecen, la solución a adoptar será la que se especifique en los requisitos particulares de la empresa suministradora para cada caso en concreto, partiendo de los siguientes principios:

- Fácil lectura del equipo de medida.
- Acceso permanente a los fusibles generales de protección.
- Garantías de seguridad y mantenimiento.

El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los organismos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

La colocación será en forma concentrada en el caso de:

- Edificios destinados a viviendas y locales comerciales.
- Edificios comerciales.
- Edificios destinados a una concentración de industrias.

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá de preverse en el edificio un armario o local

adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación.

Cuando el número de contadores a instalar sea superior a 16, será obligatoria su ubicación en local, según el apartado 2.2.1.

La concentración de los contadores se situará en función de la naturaleza y número de contadores, así como de las plantas del edificio.

Este local que estará dedicado única y exclusivamente a este fin podrá, además, albergar por necesidades de la Compañía Eléctrica para la gestión de los suministros que parten de la centralización, un equipo de comunicación y adquisición de datos, a instalar por la Compañía Eléctrica, así como el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio, siempre que las dimensiones reglamentarias lo permitan.

El local cumplirá las condiciones de protección contra incendios que establece la NBECPI-96 para los locales de riesgo especial bajo y responderá a las siguientes condiciones:

- Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano, salvo cuando existan concentraciones por plantas, en un lugar lo más próximo posible a la entrada del edificio y a la canalización de las derivaciones individuales.

Será de fácil y libre acceso, tal como portal o recinto de portería y el local nunca podrá coincidir con el de otros servicios tales como cuarto de calderas, concentración de contadores de agua, gas, telecomunicaciones, maquinaria de ascensores o de otros como almacén, cuarto trastero, de basuras, etc.

- No servirá nunca de paso ni de acceso a otros locales.
- Estará construido con paredes de clase M0 y suelos de clase M1, separado de otros locales que presenten riesgos de incendio o produzcan vapores corrosivos y no estará expuesto a vibraciones ni humedades.
- Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente para comprobar el buen funcionamiento de todos los componentes de la concentración.
- Cuando la cota del suelo sea inferior o igual a la de los pasillos o locales colindantes, deberán disponerse sumideros de desagüe para que, en el caso de avería, descuido o rotura de tuberías de agua, no puedan producirse inundaciones en el local.
- Las paredes donde debe fijarse la concentración de contadores tendrán una resistencia no inferior a la del tabicón de medio pie de ladrillo hueco.
- El local tendrá una altura mínima de 2,30 m y una anchura mínima en paredes ocupadas por contadores de 1,50 m.

Sus dimensiones serán tales que las distancias desde la pared donde se instale la concentración de contadores hasta el primer obstáculo que tenga enfrente sean de 1,10 m. La distancia entre los laterales de dicha concentración y sus paredes colindantes será de 20 cm.

La resistencia al fuego del local corresponderá a lo establecido en la Norma NBECPI- 96 para locales de riesgo especial bajo.

- La puerta de acceso abrirá hacia el exterior y tendrá una dimensión mínima de 0,70 x 2 m, su resistencia al fuego corresponderá a lo establecido para puertas de locales de riesgo especial bajo en la Norma NBE-CPI-96 y estará equipada con la cerradura que tenga normalizada la empresa distribuidora.
- Dentro del local e inmediato a la entrada deberá instalarse un equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de autonomía no inferior a 1 hora y proporcionando un nivel mínimo de iluminación de 5 lux.
- En el exterior del local y lo más próximo a la puerta de entrada, deberá existir un extintor móvil, de eficacia mínima 21B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio.

Si el número de contadores a centralizar es igual o inferior a 16, además de poderse instalar en un local de las características descritas, la concentración podrá ubicarse en un armario destinado única y exclusivamente a este fin. Este armario, reunirá los siguientes requisitos:

- Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano del edificio, salvo cuando existan concentraciones por plantas, empotrado o adosado sobre un paramento de la zona común de la entrada lo más próximo a ella y a la canalización de las derivaciones individuales.
- No tendrá bastidores intermedios que dificulten la instalación o lectura de los contadores y demás dispositivos.
- Desde la parte más saliente del armario hasta la pared opuesta deberá respetarse un pasillo de 1,5 m como mínimo.
- Los armarios tendrán una característica parallamas mínima, PF 30.
- Las puertas de cierre dispondrán de la cerradura que tenga normalizada la empresa suministradora.
- Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente y en sus inmediaciones, se instalará un extintor móvil, de eficacia mínima 21B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio.

Igualmente, se colocará una base de enchufe (toma de corriente) con toma de tierra de 16 A para servicios de mantenimiento.

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de medida, mando, control (ajeno al ICP) y protección de todas y cada una de las derivaciones individuales que se alimentan desde la propia concentración.

En referente al grado de inflamabilidad cumplirán con el ensayo del hilo incandescente descrito en la norma UNE-EN 60695-2-1, a una temperatura de 960°C para los materiales aislantes que estén en contacto con las partes que transportan la corriente y de 850°C para el resto de los materiales tales como envoltentes, tapas, etc.

Cuando existan envoltentes estarán dotadas de dispositivos precintables que impidan toda manipulación interior y podrán constituir uno o varios conjuntos.

Los elementos constituyentes de la concentración que lo precisen estarán marcados de forma visible para que permitan una fácil y correcta identificación del suministro a que corresponde.

La propiedad del edificio o el usuario tendrán, en su caso, la responsabilidad del quebranto de los precintos que se coloquen y de la alteración de los elementos instalados que quedan bajo su custodia en el local o armario en que se ubique la concentración de contadores.

Las concentraciones permitirán la instalación de los elementos necesarios para la aplicación de las disposiciones tarifarias vigentes y permitirán la incorporación de los avances tecnológicos del momento.

La colocación de la concentración de contadores se realizará de tal forma que desde la parte inferior de la misma al suelo haya como mínimo una altura de 0,25 m y el cuadrante de lectura del aparato de medida situado más alto, no supere el 1,80 m.

El cableado que efectúa las uniones embarrado-contador-borne de salida podrá ir bajo tubo o conducto.

Las concentraciones, estarán formadas eléctricamente, por las siguientes unidades funcionales:

- Unidad funcional de interruptor general de maniobra.

Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, toda la concentración de contadores. Será obligatoria para concentraciones de más de dos usuarios.

Esta unidad se instalará en una envoltente de doble aislamiento independiente, que contendrá un interruptor de corte omnipolar, de apertura en carga y que garantice que el neutro no sea cortado antes que los otros polos.



Se instalará entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores.

Cuando exista más de una línea general de alimentación se colocará un interruptor por cada una de ellas. El interruptor será, como mínimo, de 160 A para previsiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.

- Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad.

Contiene el embarrado general de la concentración y los fusibles de seguridad correspondiente a todos los suministros que estén conectados al mismo.

Dispondrá de una protección aislante que evite contactos accidentales con el embarrado general al acceder a los fusibles de seguridad.

- Unidad funcional de medida.

Contiene los contadores, interruptores horarios y/o dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica.

- Unidad funcional de mando (opcional).

Contiene los dispositivos de mando para el cambio de tarifa de cada suministro.

- Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.

Contiene el embarrado de protección donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual, así como los bornes de salida de las derivaciones individuales.

El embarrado de protección deberá estar señalizado con el símbolo normalizado de puesta a tierra y conectado a tierra.

- Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).

Contiene el espacio para el equipo de comunicación y adquisición de datos.

La ITC-BT-40 indica que cuando se prevea la entrega de energía de la instalación generadora a la Red de Distribución Pública, se dispondrá, al final de la instalación de enlace, un equipo de medida que registre la energía suministrada por el Autogenerador.

Este equipo de medida podrá tener elementos comunes con el equipo que registre la energía aportada por la Red de Distribución Pública, siempre que los registros de la energía en ambos sentidos se contabilicen de forma independiente. Los elementos para disponer en el equipo de medida serán los que correspondan al tipo de discriminación horaria que se establezca.

En las instalaciones generadoras con generadores asíncronos se dispondrá siempre un contador que registre la energía reactiva absorbida por éste.

Cuando deba verificarse el cumplimiento de programas de entrega de energía tendrán que disponerse los elementos de medida o registro necesarios.

Las normas particulares de UNIÓN FENOSA especifican que la tecnología y características de los equipos de medida se corresponderán con aquellas que permitan la correcta facturación y telegestión de la energía eléctrica. Serán los adecuados a cada tipo de suministro.

Podrán ser propiedad del cliente o estar en régimen de alquiler, siendo en este caso, propiedad de UNIÓN FENOSA distribución.

Para su explotación, deberán estar aprobados y autorizados cumpliendo la legislación vigente y la norma ES.130.ES.RE.EMA Especificaciones Particulares para Instalaciones de Medida de Energía en redes de  $U \leq 20$  kV.

Serán de tensión adecuada a la del suministro, monofásicos o trifásicos, si la potencia demandada es menor de 15 kW y trifásicos si es mayor de 15kW, de medida directa o indirecta.

Se instalará un equipo de medida indirecta para aquellos suministros cuya potencia instalada sea superior a 43,5 kW.

Si la potencia instalada es menor o igual a 43,5 kW, y la potencia demandada se encuentra entre 15 kW y 35 kW se podrá instalar un equipo de medida indirecta previo acuerdo entre la propiedad y UNIÓN FENOSA distribución.

Los equipos de medida deberán identificarse con el suministro correspondiente. Esta identificación deberá coincidir exactamente con la descripción del suministro reflejada en el Certificado de Instalación.

Siempre que se instalen equipos de medida indirecta se deberán instalar 3 transformadores de Intensidad de 5 VA y Clase 0,5S cuya relación de transformación y características del primario vendrán determinadas en función de la Potencia demandada.

Los fusibles de protección de los contadores tendrán bajas pérdidas relativas a los valores máximos de la potencia disipada.

Para suministros individuales (fincas de un solo suministro) o fincas con un máximo de dos suministros de medida directa, la medida podrá ser alojada en una CPM con cualquiera de las siguientes envolventes y procedimientos:

- Conjuntos modulares de instalación interior en mechinales.
- En armarios de material aislante instalados a la intemperie, de forma respetuosa con su entorno.

Las características de estos conjuntos y armarios estarán conformes a las normas UNE-EN 60439, UNE 20324 y UNE-EN 50102.

Los conjuntos destinados a alojar sistemas de medida para suministros concentrados cumplirán un IP 43 y un IK 09 para instalaciones de exterior y con un IP 40 y un IK 09 para instalaciones de interior.

Las envolventes destinadas a alojar sistemas de medida para suministros individuales cumplirán un IP 43 y un IK 09.

Cuando se trate de edificios donde hay concentración de suministros (industrias, locales, viviendas etc.) o polígonos donde puedan agruparse las medidas correspondientes a cada suministro, éstas irán alojadas en conjuntos modulares de envolvente total de material aislante.

Su instalación se realizará en el interior, en local o armario dedicado únicamente a este fin.

En ambos casos el elemento soporte de la concentración estará formado, por unidades o compartimentos funcionales:

- Embarrado, de sección adecuada para 250 A, y fusibles de seguridad.
- Medida y comunicaciones.
- Embarrado de protección y bornes de salida.

Adosado al conjunto de la centralización de contadores, se situarán:

- Interruptor de corte en carga de intensidad 160 A o 250 A, según previsiones de carga.
- Caja de punto de puesta a tierra.

El conjunto así construido y con sus equipos de medida instalados, tendrán la denominación de “centralización”.

Su instalación se realizará a la intemperie, sobre los muros de cerramiento o sobre zócalos de hormigón, en el límite de la propiedad privada, pudiendo estar empotrados en la pared de la fachada o muros de cerramiento, tal como se indica la Figura 1.14.5.4.

Los zócalos sobre los que se pueden instalar estos armarios serán, preferiblemente, prefabricados en hormigón armado o aligerado. Irán provistos de las aberturas necesarias para el paso de los cables de llegada, salida y retorno.

Sus dimensiones serán las apropiadas para el modelo de armario que van a soportar.

Dispondrán de los elementos necesarios para poder fijar los armarios mediante 4 espárragos M10 situados en las esquinas, que deben estar embutidos a un mínimo de 10 cm de profundidad en el propio zócalo y sobresaliendo de su superficie un mínimo de 4 cm.

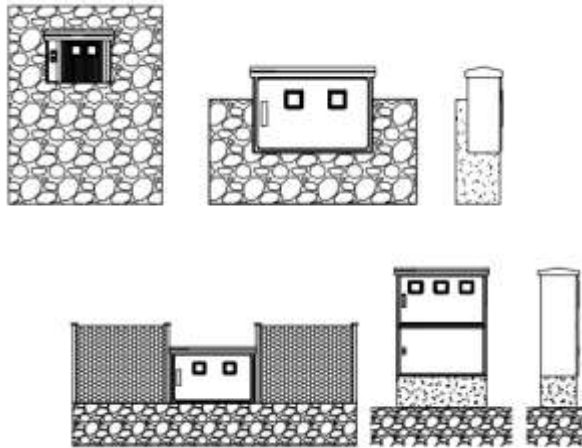


Figura 1.14.5.4 - Instalación de armarios exteriores (Normas UFD)

#### ❖ LÍNEAS Y DERIVACIONES.

Según la ITC-BT-06 establece que en la instalación de conductores desnudos cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

En los apoyos en los que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un 50 por ciento de los valores indicados en la ITC-BT-06, con un mínimo de 0,10 metros.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados, las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

Según la ITC-BT-08, además de las puestas a tierra de los neutros señalados en las instrucciones ITC-BT-06 e ITC-BT-07, para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de estas sea superior a 200 metros.

La ITC-BT-15 indica que la derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.

- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

En los casos anteriores, los tubos y canales, así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción. Las canalizaciones incluirán, en cualquier caso, el conductor de protección. Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

Los tubos y canales protectoras tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%.

En las mencionadas condiciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm.

Cuando por coincidencia del trazado, se produzca una agrupación de dos o más derivaciones individuales, éstas podrán ser tendidas simultáneamente en el interior de un canal protector mediante cable con cubierta, asegurándose así la separación necesaria entre derivaciones individuales.

En cualquier caso, se dispondrá de un tubo de reserva por cada diez derivaciones individuales o fracción, desde las concentraciones de contadores hasta las viviendas o locales, para poder atender fácilmente posibles ampliaciones.

En locales donde no esté definida su partición, se instalará como mínimo un tubo por cada 50 m<sup>2</sup> de superficie. Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas, o embutidas, de manera que no puedan separarse los extremos.

En el caso de edificios destinados principalmente a viviendas, en edificios comerciales, de oficinas, o destinados a una concentración de industrias, las derivaciones individuales deberán discurrir por lugares de uso común, o en caso contrario quedar determinadas sus servidumbres correspondientes.

Cuando las derivaciones individuales discurran verticalmente se alojarán en el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica con paredes de resistencia al fuego RF 120, preparado única y exclusivamente para este fin, que podrá ir empotrado o adosado al hueco de escalera o zonas de uso común, salvo cuando sean recintos protegidos conforme

a lo establecido en la NBE-CPI-96, careciendo de curvas, cambios de dirección, cerrado convenientemente y precintables.

En estos casos y para evitar la caída de objetos y la propagación de las llamas, se dispondrá como mínimo cada tres plantas, de elementos cortafuegos y tapas de registro precintables de las dimensiones de la canaladura, a fin de facilitar los trabajos de inspección y de instalación y sus características vendrán definidas por la NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30.

Las dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica se ajustarán a la Tabla 1, Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica.

Para más derivaciones individuales de las indicadas se dispondrá el número de conductos o canaladuras necesario. La altura mínima de las tapas registro será de 0,30 m y su anchura igual a la de la canaladura. Su parte superior quedará instalada, como mínimo, a 0,20 m del techo.

Con objeto de facilitar la instalación, cada 15 m se podrán colocar cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos de derivación individual, en las que no se realizarán empalmes de conductores. Las cajas serán de material aislante, no propagadoras de la llama y grado de inflamabilidad V-1, según UNE-EN 60695-11-10.

Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, excepto en lo indicado en la presente instrucción, ITC-BT-15.

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro, así como el conductor de protección.

En el caso de suministros individuales el punto de conexión del conductor de protección se dejará a criterio del proyectista de la instalación. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas.

No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.

A efecto de la consideración del número de fases que compongan la derivación individual, se tendrá en cuenta la potencia que en monofásico está obligada a suministrar la empresa distribuidora si el usuario así lo desea.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.

Los conductores para utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando, que será de color rojo.

Para el cálculo de la sección de los conductores se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La demanda prevista por cada usuario, que será como mínimo la fijada por la RBT-010 y cuya intensidad estará controlada por los dispositivos privados de mando y protección.

A efectos de las intensidades admisibles por cada sección, se tendrá en cuenta lo que se indica en la ITC-BT-19 y para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, lo dispuesto en la ITC-BT-07.

- La caída de tensión máxima admisible será:

Para el caso de contadores concentrados en más de un lugar: 0,5%.

Para el caso de contadores totalmente concentrados: 1%.

Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1,5%. Caso utilizado en el presente proyecto.

#### ❖ CUADRO GENERAL Y SECUNDARIO.

La ITC-BT-17 detalla que los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

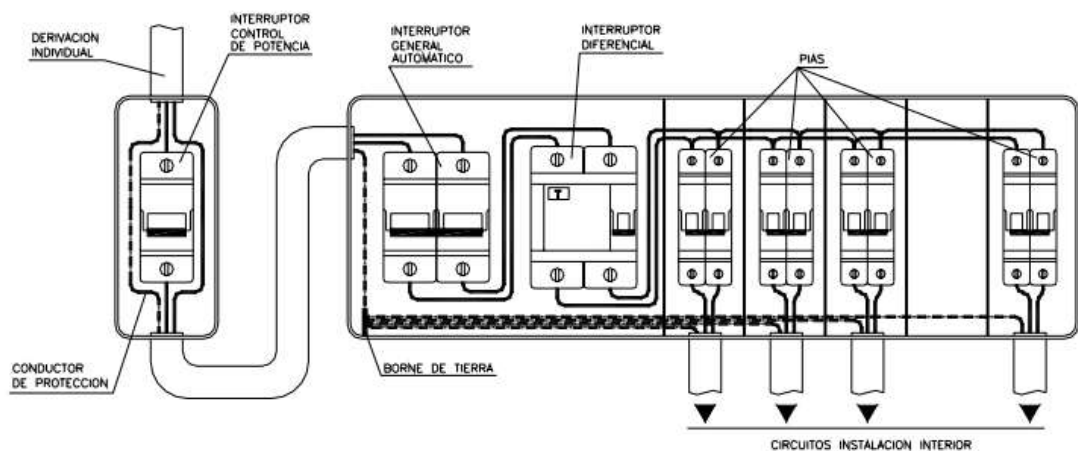


Figura 1.14.5.5 - Disposición de IGA (Normas UFD)

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos.

En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.



Según la ITC-BT-26 el cuadro general de distribución estará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-17. En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático, que estará de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-10, además se tendrá en cuenta lo indicado en la ITC-BT-25 si corresponde a una vivienda.

La ITC-BT-28 indica que el cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego.

Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores onipolares con la debida protección al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

- Sala de público.

- Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
- Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a estos, almacenes, etc.
- Cabinas cinematográficas o de proyectos para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección.

En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc. que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

#### ❖ **CANALIZACIONES.**

Según la ITC-BT-07 para la instalación de cables aislados las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras.

El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los indicados en las normas de la serie UNE 20435, a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación:

- **Directamente enterrados.**

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las establecidas en el apartado 2.1.2. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el apartado 2.2 de la presente instrucción así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable.

Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes.

Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

- **En canalizaciones entubadas.**

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4 de la ITC-BT 21. No se instalará más de un circuito por tubo y, se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

- **En galerías.**

Se consideran dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable, o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y dónde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que correspondan.

- **En atarjeas o canales revisables.**

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser, en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible utilizar canales distintos.

El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe el riesgo de explosión ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal.

En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

- **En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared.**

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado.

Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

En canalizaciones de agua y gas, siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua. La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2, además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

En el caso de una línea con cable tripolar o con una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico.

Cada caso deberá estudiarse individualmente. En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

Según la ITC-BT-20 respecto a separación de circuitos, no deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:

- Que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable.
- Que los conductores estén aislados para su tensión e instalados en un compartimento separado de un conducto o de una canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.

En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.

Las canalizaciones pueden considerarse suficientemente diferenciadas unas de otras, bien por la naturaleza o por el tipo de los conductores que la componen, o bien por sus dimensiones o por su trazado.

Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indelebles y legibles.

La ITC-BT-21 describe las características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación:

- Tubos en canalizaciones fijas en superficie. Según la tabla 2 para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.
- Tubos en canalizaciones empotradas. Según la tabla 5 para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.
- Canalizaciones aéreas o con tubos al aire. Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

Según la tabla 7 para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

- Tubos en canalizaciones enterradas. Según la tabla 9 para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

En montaje fijo empotrado no se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Según la ITC-BT-32 las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o de accionamiento deberán estar dimensionadas de manera que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 %.

#### ❖ CONDUCTORES.

La ITC-BT-19 detalla que la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

La tabla 1 indica la intensidad máxima admisible para conductores bajo tubo según su tipo de aislamiento.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT 20.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos según el siguiente método:

- Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro.
- Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo.
- Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro.
- Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

Los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2,

en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:

- Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
- Los destinados a circuitos excepto en sistemas de distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro está prohibido y excepto en los TN-S en los que se pueda asegurar que el conductor neutro está al potencial de tierra.
- Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.
- Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.
- Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones de tubos de descarga en alta tensión.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierna o en su defecto 0,5 MΩ.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios.

#### ❖ LUMINARIAS.

La ITC-BT-44 se aplica a las instalaciones de receptores para alumbrado (luminarias).

Se entiende como receptor para alumbrado, el equipo o dispositivo que utiliza la energía eléctrica para la iluminación de espacios interiores o exteriores.

En esta instrucción no se incluyen prescripciones relativas al alumbrado exterior recogido en la ITC-BT-09, ni al alumbrado de emergencia en locales de pública concurrencia recogido en la ITC-BT-28.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso no deben



presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

La sección nominal total de los conductores de los que la luminaria está suspendida será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los conductores sea inferior a  $15 \text{ N/mm}^2$ .

La tensión asignada de los cables utilizados en el cableado interno será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V.

Queda prohibido el uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (como por ejemplo neón) en el interior de las viviendas. En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC-BT-24.

Cuando se empleen portalámparas con contacto central, debe conectarse a éste el conductor de fase o polar, y el neutro al contacto correspondiente a la parte exterior.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.

En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

Para instalaciones que alimenten tubos luminosos de descarga con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 kV y 10 kV, se aplicará lo dispuesto en la UNE-EN 50107.

Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 s desde la desconexión del receptor.

En las caldererías, grandes depósitos metálicos, cascos navales, etc. y, en general, en lugares análogos, los aparatos de iluminación portátiles serán alimentados con una tensión de seguridad no superior a 24 V, excepto si son alimentados por medio de transformadores de separación.

#### ❖ TOMAS DE CORRIENTE.

La ITC-BT-19 indica que Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5a de la norma UNE 20315. El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en las que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras específica.

En instalaciones diferentes de las indicadas en la ITC-BT 25 para viviendas, además se admitirán las bases de toma de corriente indicadas en la serie de normas UNE EN 60309.

Las bases móviles deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1a, C2a o C3a de la Norma UNE 20315. Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.

Las bases de toma de corriente del tipo indicado en las figuras C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5a y ESC 10-1a, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, solo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las existentes.

Las tomas de corriente para usos industriales se rigen por las normas UNE-EN60309-1 y UNE-EN60309-2.

Según la ITC-BT-24 todas las bases de tomas de corriente deben estar previstas de un contacto de tierra que debe estar conectado al conductor de equipotencialidad.

La ITC-BT-26 detalla que se admitirá, no obstante, las conexiones en paralelo entre bases de toma de corriente cuando éstas estén juntas y dispongan de bornes de conexión previstos para la conexión de varios conductores.

#### ❖ OTROS RECEPTORES.

Según ITC-BT-10 la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

En la ITC-BT-28 se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u

otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes Autoridades competentes en materia de seguridad.

La ITC-BT-32 indica que los ascensores, las estructuras de todos los motores, máquinas elevadoras, combinadores y cubiertas metálicas de todos los dispositivos eléctricos en el interior de las cajas o sobre ellas y en el hueco, se conectarán a tierra.

Según ITC-BT-40 los locales donde estén instalados los motores térmicos, cualquiera que sea su potencia, deberán estar suficientemente ventilados.

La ITC-BT-47 expresa que la instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones de la norma UNE 20.460 y las especificaciones aplicables a los locales (o emplazamientos) donde hayan de ser instalados.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque - conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor.

Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20460-4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en la tabla 1.

En los motores de ascensores, grúas y aparatos de elevación en general, tanto de corriente continua como de alterna, se computará como intensidad normal a plena carga, a los efectos de las constantes señaladas en la tabla 1, la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad de régimen una vez pasado el período de arranque, multiplicada por el coeficiente 1,3.

#### ❖ APARATOS DE CONEXIÓN Y CORTE.

Según la ITC-BT-04 se expresa que en la memoria del proyecto se expresará el esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.

En la ITC-BT-06 indica que los interruptores o seccionadores omnipolares son si actúan sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

La ITC-BT-17 expresa que el interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

#### ❖ PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.

El presente proyecto implementará un sistema de conexión TN-S según las medidas descritas en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24 del RBT.

El contacto indirecto es el contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

Según la ITC-BT-24 la protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad MBTS, que debe cumplir las siguientes condiciones:

- Tensión nominal en el campo I de acuerdo con la norma UNE 20.481 y la ITCBT-36.
- Fuente de alimentación de seguridad para MBTS de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 20460-4-41.

- Los circuitos de instalaciones para MBTS, cumplirán lo que se indica en la Norma UNE 20460-4-41 y en la ITC-BT-36.

La protección contra contactos indirectos se consigue mediante la aplicación de algunas de las medidas siguientes:

- Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente.
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores.
- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.
- Protección por separación eléctrica.
- Protección por corte automático de la alimentación.

En la protección por corte automático de la alimentación, el corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20572-1.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como, por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.

En los esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección tendrán una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte

automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (1.14.5.1)$$

Donde:

- $Z_s$ : es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.
- $I_a$ : es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo igual al definido en la tabla 1 para tensión nominal igual a  $U_0$ .  
En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial-residual,  $I_a$  es la corriente diferencial asignada.
- $U_0$ : es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

En el esquema TN pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en esquemas TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.

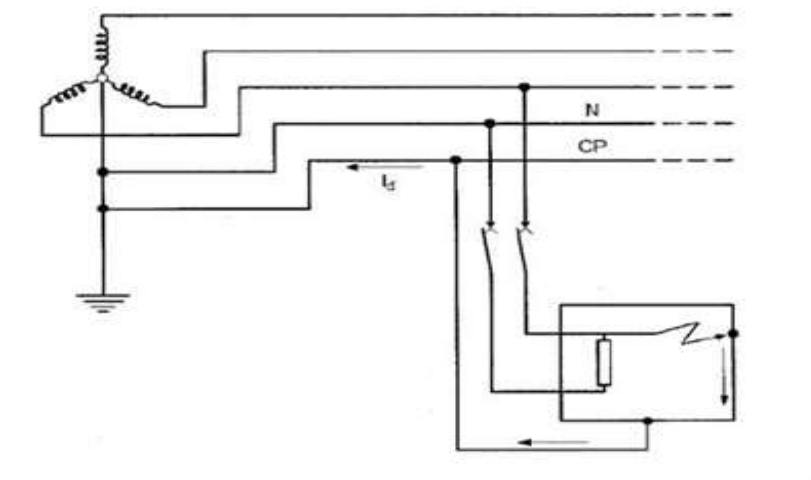


Figura 1.14.5.6 - Esquema TN-S (REBT)

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo, del tipo “S”) en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general.

#### ❖ PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.

La ITC-BT-17 indica que los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

Según la ITC-BT-22 todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles. Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Respecto a la protección contra sobrecargas, el límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

En relación con la protección contra cortocircuitos se indica que en el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión.

Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE 20460-4-43 recoge en su articulado todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección en sus apartados:

- 432: Naturaleza de los dispositivos de protección.
- 433: Protección contra las corrientes de sobrecarga.
- 434: Protección contra las corrientes de cortocircuito.
- 435: Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos.
- 436: Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación.

#### ❖ **INSTALACIÓN CUARTOS DE BAÑO Y ASEO.**

La ITC-BT-27 indica las prescripciones que son aplicables a las instalaciones interiores de viviendas, así como en la medida que pueda afectarles, a las de locales comerciales, de oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos que contengan una bañera o una ducha o una ducha prefabricada o una bañera de hidromasaje o aparato para uso análogo.

Para lugares que contengan baños o duchas para tratamiento médico o para minusválidos, pueden ser necesarios requisitos adicionales. Para duchas de emergencia en zonas industriales, son de aplicación las reglas generales.

Para las instalaciones de estos locales se tendrán en cuenta los cuatro volúmenes 0, 1, 2 y 3 que se definen a continuación.

En el apartado 5 de la presente instrucción se presentan figuras aclaratorias para la clasificación de los volúmenes, teniendo en cuenta la influencia de las paredes y del tipo de baño o ducha. Los falsos techos y las mamparas no se consideran barreras a los efectos de la separación de volúmenes.

##### • **Volumen 0.**

Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

- Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
- Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.



- **Volumen 1.**

Está limitado por:

- El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo, y
- El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuanto este espacio es accesible sin el uso de una herramienta; o
- Para una ducha sin plato con un difusor que puede desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
- Para una ducha sin plato y con un rociador fijo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

- **Volumen 2.**

Está limitado por:

- El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y
- El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

- **Volumen 3.**

Está limitado por:

- El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 m; y
- El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3.

El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IPX4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

La protección necesaria para garantizar la seguridad aplicará las siguientes medidas:

Cuando se utiliza MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra contactos directos debe estar proporcionada por:

- Barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP2X o IPXXB, según UNE 20324 o
- Aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en valor eficaz en alterna durante 1 minuto.

Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de clase I en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las siguientes partes conductoras externas de los volúmenes 0, 1, 2 y 3:

- Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües (por ejemplo, agua, gas);
- Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado;
- Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio. Los marcos metálicos de puertas, ventanas y similares no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura metálica del edificio.
- Otras partes conductoras externas, por ejemplo, partes que son susceptibles de transferir tensiones.

Estos requisitos no se aplican al volumen 3, en recintos en los que haya una cabina de ducha prefabricada con sus propios sistemas de drenaje, distintos de un cuarto de baño, por ejemplo, un dormitorio.

Las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones, a menos que se instalen de forma que queden aisladas de la estructura y de otras partes metálicas del edificio. Las bañeras y duchas metálicas pueden considerarse aisladas del edificio, si la resistencia de aislamiento entre el área de los baños y duchas y la estructura del edificio, medido de acuerdo con la norma UNE 20460-6-61, anexo A, es de cómo mínimo 100 K $\Omega$ .

#### ❖ PUESTA A TIERRA.

La ITC-BT-18 expresa que la puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva pueden ser utilizadas como toma de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 apartado 543.1.1. Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm<sup>2</sup>, si es de cobre.

Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso. Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $< 100 \text{ ohmios} \times \text{m}$ ). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula indicada en el apartado 11 de la presente instrucción.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra ( $I_d$ ) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ( $V_d = I_d * R_t$ ) sea menor que la tensión de contacto máximo aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIERAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Según la ITC-BT-24 la protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra, los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra, ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

La ITC-BT-26 indica que en toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección, según el siguiente sistema:

Instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según se indica en la

ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

Cuando se trate de construcciones que comprendan varios edificios próximos, se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible.

En rehabilitación o reforma de edificios existentes, la toma de tierra se podrá realizar también situando en patios de luces o en jardines particulares del edificio, uno o varios electrodos de características adecuadas.

Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectarán, en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación de este se haga con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Estas conexiones se establecerán de manera fiable y segura, mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- En los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc., en rehabilitación o reforma de edificios existentes.
- En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- En el punto de ubicación de la caja general de protección.
- En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que, por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

Únicamente es admitida la entrada directa de las derivaciones de la línea principal de tierra en cocinas y cuartos de aseo, cuando, por la fecha de construcción del edificio, no se hubiese previsto la instalación de conductores de protección.

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección en la Instrucción ITC-BT-19 con un mínimo de 16 milímetros cuadrados.

Pueden estar formadas por barras planas o redondas, por conductores desnudos o aislados, debiendo disponerse una protección mecánica en la parte en que estos conductores sean accesibles, así como en los pasos de techos, paredes, etc.

Los conductores activos serán de cobre, aislados y con una tensión asignada de 450/750 V, como mínimo. Los circuitos y las secciones utilizadas serán, los indicados en la ITC-BT-25.

Los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos y su sección será la indicada en la Instrucción ITC-BT-19.

Las instalaciones se realizarán mediante algunos de los siguientes sistemas:

- Instalaciones empotradas:
  - Cables aislados bajo tubo flexible.
  - Cables aislados bajo tubo curvable.
- Instalaciones superficiales:
  - Cables aislados bajo tubo curvable.
  - Cables aislados bajo tubo rígido.
  - Cables aislados bajo canal protectora cerrada.
  - Canalizaciones prefabricadas.

Las instalaciones deberán cumplir lo indicado en las ITC-BT-20 e ITC-BT-21.

#### **1.14.6 Red de distribución en alumbrado público**

Se aplicará la ITC-BT-09, Instalaciones de alumbrado exterior, a las instalaciones de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, tales como autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc., así como todos receptores que se conecten a la red de alumbrado exterior.

La acometida podrá ser subterránea, como es el caso del presente proyecto, o aérea con cables aislados, y se realizará de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora, aprobadas según lo previsto en este Reglamento para este tipo de instalaciones.

La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de esta se dispondrá el equipo de medida.

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases.

Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga. No se aplicará este valor al presente proyecto por ser alternativa elegida lámparas led.

Cuando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen.

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30  $\Omega$ .

No obstante, se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5  $\Omega$  y a 1  $\Omega$ , respectivamente.

Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20324 e IK10 según UNE-EN 50102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV.

El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

Los Redes de Instalaciones de Alumbrado Exterior se clasifican en:

- **Redes subterráneas.**

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07.

Los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123, e irán entubados; los tubos para las canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC-BT-21 y el grado de protección mecánica el indicado en dicha instrucción, y podrán ir hormigonados en zanja o no. Cuando vayan hormigonados el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 50086-2-4.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

La sección mínima para emplear en los conductores de los cables, incluido el neutro, será de 6 mm<sup>2</sup>.

En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITCBT-07.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

- **Redes aéreas.**

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en la ITC-BT-06.

Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.



La sección mínima por emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm<sup>2</sup>.

En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel.

- **Redes de control y auxiliares.**

Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm<sup>2</sup>.

Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación.

Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

Los soportes que lo requieran deberán poseer una abertura de dimensiones adecuadas al equipo eléctrico para acceder a los elementos de protección y maniobra; la parte inferior de dicha abertura estará situada, como mínimo, a 0,30 m de la rasante, y estará dotada de puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50102. La puerta o trampilla solamente se podrá abrir mediante el empleo de útiles especiales y dispondrá de un borne de tierra cuando sea metálica.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup>, y de tensión asignada 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.

- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción.

Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60598-2-3 y la UNE-EN 60598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión eléctrica de luminarias suspendidas se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IPX3 según UNE 20324.

La suspensión de las luminarias se hará mediante cables de acero protegido contra la corrosión, de sección suficiente para que posea una resistencia mecánica con coeficiente de seguridad de no inferior a 3,5. La altura mínima sobre el nivel del suelo será de 6 m.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado.

Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20324 e IK 8 según UNE-EN 50102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

La protección contra contactos directos e indirectos de las luminarias serán de Clase I o de Clase II.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general.

Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales.

Las partes metálicas de los quioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente, deberán estar puestas a tierra.

Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup> en cobre.

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

Las Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior indican que, con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir, al menos, con los requisitos siguientes:

- Los niveles de iluminación de la instalación no superen lo establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-EA-02, salvo casos excepcionales, que requerirán autorización previa del órgano competente de la Administración Pública.

- Para el alumbrado vial, se cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de las instalaciones de alumbrado, se cumplan los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento y otros establecidos en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.
- En donde se requiera, dispongan de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.

En relación con el régimen de funcionamiento, las características más importantes que se deben considerar en el presente proyecto serán las siguientes:

- Los sistemas de accionamiento garanticen que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión, cuando la luminosidad ambiente lo requiera.
- Las instalaciones de alumbrado exterior con excepción de túneles y pasos inferiores estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.
- Cuando se especifique, los alumbrados exteriores tendrán dos niveles de iluminación de forma que en aquellos casos del periodo nocturno en los que disminuya la actividad o características de utilización, se pase del régimen de nivel normal de iluminación a otro con nivel de iluminación reducido, manteniendo la uniformidad.
- Corresponde a las Administraciones Locales regular el tiempo de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior que se encuentren en su ámbito territorial y que no sean de competencia estatal o autonómica.

Todas las instalaciones deberán disponer de un plan de mantenimiento que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. La programación de los trabajos y su periodicidad, se ajustarán al factor de mantenimiento adoptado, según lo establecido en la ITC-EA-06.

Al objeto de disminuir los consumos de energía eléctrica en los alumbrados exteriores, el titular de la instalación llevará a cabo, como mínimo una vez al año, un análisis de los consumos anuales y de su evolución, para observar las desviaciones y corregir las causas que las han motivado durante el mantenimiento periódico de la instalación.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en la ITC-EA-02. Estos niveles medios de referencia están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de carreteras", y no tendrán la

consideración de valores mínimos obligatorios, pues quedan fuera de los objetivos del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

Deberá garantizarse asimismo el valor de la uniformidad mínima, mientras que el resto de los requisitos fotométricos, por ejemplo, valor mínimo de iluminancia en un punto, deslumbramiento e iluminación de alrededores, descritos para cada clase de alumbrado, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.

Los requisitos fotométricos anteriores no serán aplicables a aquellas instalaciones o parte de estas en las que se justifique debidamente la excepcionalidad y sea aprobada por el órgano competente de la Administración Pública.

Tal y como recogen las Recomendaciones Internacionales redactadas por los expertos en iluminación a nivel mundial (CIE, Comisión Internacional de Alumbrado) y que han servido de base a las Normas Europeas (EN), los criterios de decisión sobre qué carreteras iluminar o no le corresponden a los Estados Soberanos de la Unión Europea, sirviendo las Normas (EN) sola y exclusivamente para que una vez tomada la decisión de iluminar una carretera, se establezcan los parámetros de la instalación de iluminación basándose en los niveles y criterios cualitativos establecidos en ellas con la finalidad de conseguir uniformidad entre los diferentes países de la Unión Europea.

Para la Red de Carreteras del Estado de España, los criterios que deben tenerse en cuenta a la hora de tomar la decisión sobre la procedencia de iluminar un tramo de carretera son:

- Autovías y autopistas: Estará justificado iluminarlas cuando discurran por suelo urbano (ambas márgenes) y concurra alguna de las siguientes circunstancias:
  - La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día. ( $IMD \geq 80.000$  vehículos/día).
  - La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ( $IMD \geq 60.000$  vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.
- Carreteras convencionales: No se iluminarán en general, aunque podrá justificarse su iluminación en caso de que el tramo sea un TCA (Tramo de Concentración de Accidentes) y en los dos últimos años más del 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno.
- Puntos singulares: Estará justificada la iluminación de los puntos singulares en los siguientes casos:
  - Glorietas situadas en carreteras convencionales, en las que por tener una importante intensidad de tráfico o por su peligrosidad no sea suficiente con una correcta señalización y balizamiento de esta.

- Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día ( $IMD \geq 80.000$  vehículos/día).
- Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ( $IMD \geq 60.000$  vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.
- Cruces con glorietas e intersecciones a nivel, siempre que el tráfico de la carretera secundaria sea mayor que 10.000 vehículos por día, o bien sea un TCA con un porcentaje de accidentes nocturnos superior al 50% del total de accidentes durante los dos últimos años.

A estos efectos, la IMD que se debe tener en cuenta es la del año de puesta en servicio.

La iluminación de un tramo carretera o de un punto singular de la Red que no cumpla los criterios anteriores requerirá la autorización expresa del Director General de Carreteras, previo informe justificativo del jefe de la Demarcación correspondiente.

Una vez tomada la decisión de iluminar una carretera, lo que procede es identificar la situación de proyecto a la que corresponde el tramo de carretera en cuestión, ya que en función de ésta se fijan los parámetros que definen la Clase de Alumbrado que hay que asignar al tramo.

- **Situaciones de proyecto.**

Las situaciones de proyecto en las que pueden quedar enmarcados los diferentes tipos de vía de circulación o puntos singulares se obtienen del Informe CR 13201-1:2002 del Comité Europeo de Normalización (CEN), en el cual se establecen en función de dos criterios:

- La velocidad típica del usuario principal.
- Los tipos de usuario (principal, autorizado y excluido) que utilizan la carretera.

De acuerdo con lo establecido en dicho informe, son objeto de estas Recomendaciones tan sólo las situaciones A1, A2 y A3, ya que las demás clases (B, C, D y E) no se dan en la Red de Carreteras del Estado, aunque pueden existir algunas situaciones excepcionales, como la situación C, que identifica, por ejemplo, las zonas conflictivas de las carreteras.

Una vez definidas las situaciones de proyecto según la Tabla 1.14.6.1, el paso siguiente es elegir la Clase de Alumbrado, que se establece en función del tipo de carretera a iluminar, y definir los criterios cuantitativos y cualitativos de iluminación que corresponden a cada una de las Clases de Alumbrado asignadas.

Velocidad típica del usuario principal km/h	Tipos de usuario en la misma área			Conjuntos de situaciones de alumbrado	Clase de Alumbrado (IMD)	Tipos de vías de circulación
	Usuario principal	Usuario autorizado	Usuario excluido			
> 60	Tráfico motorizado		Vehículos lentos Ciclistas Peatones	<b>A1</b>	ME1 ME2 ME3a	Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autovías).  Carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados
		Vehículos lentos	Ciclistas Peatones	<b>A2</b>	ME1 / ME2 ME3a / ME4a	Carreteras interurbanas sin separación de aceras o de carriles bici
		Vehículos lentos Ciclistas Peatones		<b>A3</b>	ME1 ME2 ME3b ME4a /ME4b	Rondas de circunvalación.  <b>Carreteras interurbanas con accesos no restringidos</b>

Tabla 1.14.6.1 - Situaciones de Proyecto

- Criterios de calidad aplicables y Clases de Alumbrado.**

Una Clase de Alumbrado se define como el conjunto de requisitos fotométricos que deben cumplirse para satisfacer las necesidades visuales de un grupo de usuarios de la vía pública en distintos tipos de áreas y alrededores.

El propósito de introducir el concepto de Clase de Alumbrado es hacer más fácil el desarrollo y uso de los productos y servicios de alumbrado viario o de vías públicas en los países miembros del CEN.

La Norma UNE EN 13201-2 describe varias Clases de Alumbrado; son aplicables al ámbito de estas Recomendaciones las clases ME, MEW y CE.

Las clases ME y MEW están destinadas a conductores de vehículos motorizados en vías de tráfico fluido, ya que permiten velocidades de circulación elevadas; en algunos países también se emplean para vías residenciales.

Las clases CE están destinadas también a conductores de vehículos motorizados, pero en áreas conflictivas, tales como calles comerciales, intersecciones de vías públicas de alguna complejidad, gloriets y áreas en las que se forman retenciones. Estas clases tienen también aplicación para peatones y ciclistas.

Estos valores se aplican a los tramos de carretera cuya longitud es suficientemente larga para que pueda ser usado el concepto de luminancia (por la repetitividad de su implantación), fuera de las áreas conflictivas y/o áreas exteriores con medidas de tráfico en calma.

Clase	Luminancia media de la superficie de la calzada para estado seco			Deslumbramiento Incapacitativo	Alumbrado de alrededores
	$L_m$ en $\text{cd/m}^2$	$U_o$	$U_1$	TI <sup>a</sup> en %	SR <sup>b</sup>
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	Sin requisitos
<sup>a</sup> Un aumento de 5 puntos de porcentaje en TI puede ser permitido cuando se usan fuentes de luz de baja luminancia. <sup>b</sup> Este criterio puede ser aplicado solo cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada.					

Tabla 1.14.6.2 – Series ME de Clases de Alumbrado

Los criterios de calidad usados para caracterizar las distintas clases de alumbrado son:

- Luminancia media de la superficie de la calzada ( $L_m$ ).



- Uniformidad global de luminancia ( $U_0$ ).
- Uniformidad longitudinal de luminancia ( $U_1$ ).
- Relación de entorno (SR).
- Incremento de umbral (TI en %).

La relación de entorno (SR) se tiene en cuenta para carreteras con aceras o pistas de bicicletas adyacentes solo cuando no se requieren exigencias específicas (englobadas dentro de la Norma como las Clases de Alumbrado P).

En todos los casos, los niveles aquí recogidos son valores máximos y no deberían ser superados en más de un 20%, salvo en las circunstancias excepcionales que se establecen en estas Recomendaciones.

Cuando de acuerdo con las indicaciones establecidas anteriormente, en los tramos de carretera que discurren por zonas en las que el número de días de lluvia al año es superior a 120 y sea necesario por tanto aplicar la serie MEW de Clases de Alumbrado, los valores exigibles de los criterios cualitativos aplicables a la instalación serán los que figuran en la tabla 1.14.6.3.

Clase	Luminancia media de la superficie de la calzada				Deslumbramiento Incapacitivo	Alumbrado de alrededores
	Estado seco			Húmedo		
	$L_m$ en $cd/m^2$	$U_0$	$U_1$	$U_0^a$ (mínima)	TI <sup>b</sup> en % (máximo)	SR <sup>c</sup> (máximo)
<b>MEW1</b>	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
<b>MEW2</b>	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
<b>MEW3</b>	1,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
<b>MEW4</b>	0,75	0,4	No hay requisitos	0,15	10	0,5
<b>MEW5</b>	0,5	0,4	No hay requisitos	0,15	10	0,5

<sup>a</sup> La aplicación de este criterio es voluntaria, pero puede ser aplicado en autovías.

<sup>b</sup> Un aumento de 5 puntos de porcentaje en TI puede ser permitido cuando se usan fuentes de luz de baja luminancia.

<sup>c</sup> Este criterio puede ser aplicado solo cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada.

Tabla 1.14.6.3 – Series MEW de Clases de Alumbrado

El uso del concepto de luminancia requiere el conocimiento de las propiedades de reflexión de la superficie de la carretera. Son tenidas en cuenta bien a través de las propiedades reales (mediciones con reflectómetro de pavimentos) o bien mediante una tabla  $r$  de reflectancias de referencia, tales como las de los pavimentos estándares C y R definidos por la CIE (CIE 132-1999 y CIE144:2001).

Además de lo indicado hasta ahora, las instalaciones de iluminación que se proyecten y se ejecuten deberán poder adaptarse a las diferentes necesidades de circulación que se produzcan en cada periodo horario, debiendo ser lo más eficientes posibles desde los puntos de vista energético y de mantenimiento y todo ello a un coste razonable de inversión, conservación y explotación.

También se consideran las clases CE que han sido definidas de acuerdo con la Norma UNE EN 13201-2 y que están destinadas a conductores de vehículos motorizados y otros usuarios de la vía pública en áreas conflictivas.

Clase	Iluminancia horizontal	
	$E_m$ en lux (mínima mantenida)	$U_0$ (mínima)
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Tabla 1.14.6.4 – Series CE de Clases de Alumbrado

Las clases CE están fundamentalmente destinadas a ser usadas cuando los cálculos de luminancia de superficie de calzada no se aplican o son impracticables. Esto puede ocurrir cuando las distancias de visión son menores de 60 m y cuando los resultados de luminancia varían dependiendo de la posición del observador en la vía por la que circula, como sucede por ejemplo en las glorietas. Por estar destinadas a otros usuarios de la vía pública, las clases CE tienen aplicación adicional para peatones y ciclistas en casos donde las clases S y A no son adecuadas.

La iluminancia media ( $E_m$ ) y la uniformidad global de la iluminancia ( $U_0$ ) han de ser calculadas y medidas de acuerdo con las normas EN 13201-3 y EN 13201-4.

El área de vía pública para la que se aplican los requisitos de la Tabla 1.14.6.4 puede incluir la calzada solamente, cuando se aplican requisitos separados para el alumbrado adecuado de otras áreas de una vía pública para peatones y ciclistas, o puede incluir también otras áreas de vía pública.

La limitación del deslumbramiento puede ser conseguida mediante la selección de luminarias de acuerdo con las clases G.1, G.2, G.3, G.4, G.5 o G.6 del anexo A de la norma UNE EN 13201-2; alternatively, cuando es practicable para evaluar valores de TI para cualesquiera combinaciones importantes de direcciones y posiciones del observador, puede aplicarse el valor TI tomado de la Tabla 1.14.6.2.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, se deben adoptar las medidas siguientes:

- Durante ciertas horas de la noche (normalmente entre las 24:00 y las 06:00), debe reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, pudiendo llegar incluso a apagar completamente algunas partes o toda la instalación si así se justifica.
- Emplear luminarias que cumplan con los límites de emisión de flujo hacia el hemisferio superior impuestas por el REEIAE y la CIE.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la Clase de Alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia/iluminancia y el control del deslumbramiento.

- **Selección de la clase de alumbrado.**

Las clases de alumbrado designadas ME en la Norma UNE EN13201 corresponden a aquellas carreteras destinadas a vehículos motorizados que permiten una gama de velocidades de media a alta.

De acuerdo con las características que definen los distintos tipos de situaciones a las que pertenecen las carreteras de la Red de Carreteras del Estado, se emplearán las siguientes clases:

- Criterio general:

Autovías y autopistas. En general se empleará el nivel ME3.

Carreteras convencionales. En general se empleará el nivel ME4.

En cualquier caso, en los tramos que sean TCA, si el 50% de los accidentes durante los dos últimos años se ha producido en periodos nocturnos, justificándose podrá elevarse de categoría la Clase de alumbrado, pasando de ME3 a ME2, en autovías, y de ME4 a ME3, en carreteras convencionales.

- Cuando en el tramo de carretera o autovía a iluminar se produzcan más de 120 días de lluvia al año, se aplicarán las clases recogidas bajo la denominación MEW, y las Clases de Alumbrado a emplear serán:

Autovías y autopistas. Con carácter general se empleará la clase MEW3.

Carreteras convencionales. Con carácter general se empleará la clase MEW4.

En cualquier caso, siempre que el tramo sea un TCA y en los dos últimos años el 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno, justificándose podrá elevarse de categoría la Clase, pasando de MEW3 a MEW2, en autovías, y de MEW4 a MEW3, en carreteras convencionales.

- Cuando se trate de iluminar puntos singulares, se aplicarán las clases recogidas bajo la denominación CE. Las Clases de alumbrado a emplear serán:

Puntos singulares. Con carácter general se empleará la clase CE2, excepto en glorietas que será CE1.

En cualquier caso, siempre que el tramo sea un TCA y en los dos últimos años el 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno, justificándose podrá elevarse de categoría la Clase, pasando de CE2 a CE1.

Además, debe cumplirse la normativa medioambiental vigente.

Los elementos componentes de una instalación de alumbrado de carreteras a cielo abierto son:

- Fuentes de luz.
- Equipos eléctricos auxiliares.
- Luminarias.
- Columnas y soportes.
- Dispositivos de regulación de flujo luminoso y consumo.
- Distribución eléctrica.
- Control y gestión de la instalación.

A continuación, se describen sus características más importantes y los criterios que se deben tener en cuenta para la selección de los tipos más adecuados en cada caso.

- **Fuentes de luz.**

Estos elementos son los generadores de la emisión de luz que posibilita, en ausencia de la luz natural, la realización de la tarea visual de los usuarios de la carretera. No se va a realizar una descripción detallada de las mismas, con carácter general, ni de la forma de producir

la emisión luminosa, ni de la variedad de modelos y formas; tan solo se indicarán aquellos parámetros que se consideran importantes para poder realizar una selección adecuada de las mismas.

La denominación “fuentes de luz” engloba toda la variedad de elementos que son capaces de generar luz. Hasta hace aproximadamente una década, las únicas fuentes de luz que se empleaban en instalaciones de alumbrado para carreteras eran las lámparas de descarga (las incandescentes no son utilizables por su cortísima duración de vida, del orden de unas 500 a 1500 horas), pero hace justo una década han aparecido los dispositivos emisores de luz de estado sólido, LED, que tienen unas excelentes prestaciones.

En general, las fuentes de luz deben responder a las exigencias siguientes:

- Conseguir, mediante su empleo, el cumplimiento de los criterios de calidad de iluminación (luminancia, uniformidad, etc.) de una instalación de alumbrado.
- Permitir economizar la energía eléctrica consumida, mediante unas buenas eficacias luminosa (lm/W) y eficiencia fotométrica.
- Cubrir (duración de vida) el mayor número posible de horas de funcionamiento de la instalación, que en el caso de alumbrado a cielo abierto se cifra en 4.200 horas/año aproximadamente.
- Hacer posible la mayor separación entre puntos de luz posible, manteniendo un flujo luminoso correcto y uniforme.
- Responder de la manera más instantánea posible a los fallos súbitos de alimentación eléctrica.
- Permitir la regulación de su flujo y consumo, para hacer posibles instalaciones adaptables a las necesidades del tráfico.
- Responder adecuadamente a las condiciones climatológicas de la instalación (temperaturas extremas, etc.).
- Cumplir con la exigencia de limitar el resplandor luminoso.

Del análisis de las diferentes fuentes de luz en relación con las exigencias anteriores, se concluye que, para una instalación de alumbrado de carreteras a cielo abierto, las dos que mejor satisfacen las mismas con clara diferencia sobre las demás son:

- Lámparas de descarga de vapor de sodio de alta presión.
- Diodos Electroluminiscentes (LEDs).
- **Diodos electroluminiscentes (LEDs).**

En la tabla 1.14.6.5 se resumen las características generales de los LED.

Tipo de led	Flujo luminoso (lm)	Temperatura de color (Kelvin)	Apariencia de color
<b>R2 – R5</b>	114 – 139	5000 – 8000	blanco frío
<b>R2 – R4</b>	114 – 130	4000 – 5300	blanco para exterior
<b>Q5 – R3</b>	107 – 122	3700 – 5000	<b>blanco neutro</b>
<b>Q3 – Q5</b>	94 – 107	2600 – 4300	blanco Ra 80
<b>Q3 – Q5</b>	94 – 107	2600 – 3700	blanco cálido
<b>P4 – Q3</b>	80,6 – 94	2600 – 3200	blanco Ra 85
<b>P4 – Q2</b>	80,6 – 87,4	2600 – 3200	blanco Ra 90

Tabla 1.14.6.5 – Diodos electroluminiscentes de alta potencia (2011)

Las variaciones observadas de color para las diferentes temperaturas se deben a que, para obtener el color blanco, se parte de un LED que emite en color azul, y para modificar esa longitud de onda desde el azul al blanco, se le suele superponer una capa de fósforo (de modo similar al modo de obtenerlo con las lámparas fluorescentes). Cuanto más gruesa es la capa de fósforo, más cálido será el color, pero menor será su transmitancia, y por tanto el flujo luminoso emitido.

Las características de esta fuente de luz son:

- La eficacia luminosa de estas fuentes de luz es igual al valor de su flujo luminoso, pues esta tabla está confeccionada para LED de 1 W de potencia nominal. No obstante, si se tiene en cuenta la agrupación de varios LED en un módulo, alimentados con una misma fuente de alimentación, la eficacia luminosa disminuye al tener en cuenta las pérdidas del equipo eléctrico, y por tanto se puede ver reducida en un 10 %.

Por tanto, puede hablarse, en función de las diferentes temperaturas de color, de un margen de variación de eficacia comprendido entre 75 y 125 lm/W, siendo menor cuanto más cálida es la temperatura del color y cuanto mayor es su índice de reproducción cromática. Habitualmente, en alumbrado de carreteras se suelen emplear LED de unos 95 – 100 lm/W de eficacia global.

En cuanto a su eficiencia energética, basada en sus capacidades fotométricas, debe indicarse que los LED emiten en general en un ámbito de 180 grados, pudiendo controlarse perfectamente la direccionalidad de su emisión mediante ópticas secundarias. Esto hace que sean mucho más eficientes que las lámparas de descarga que emiten en un ámbito de 360 grados.

- Este dispositivo emisor de luz es bastante simple de funcionamiento eléctrico, tal y como se desprende del hecho de que es un componente semiconductor por el que sólo circula corriente en una dirección.
- Respecto a la eficacia del LED, hay que tener en cuenta que a un mismo LED se le puede hacer trabajar a diferentes niveles de intensidad de corriente (normalmente: 350 mA, 750 mA o 1 A), dando como resultado que con el aumento de la corriente que circula en el LED, se incrementa también el flujo que emite, y al mismo tiempo la potencia consumida. Generalmente, la corriente para la cual la eficacia es mayor es 350 mA.
- El LED es un elemento estable en su funcionamiento eléctrico, y además posee una vida útil bastante elevada (hasta 50.000 h, siempre que las condiciones térmicas de funcionamiento sean las adecuadas, lo que equivale a más de 12 años de funcionamiento en una instalación de alumbrado de carreteras).

Su envejecimiento, que se debe en general a una depreciación luminosa en función de la temperatura de lo que se denomina unión (junction en inglés), varía mucho con el valor de esta temperatura. Se puede destacar cómo varía el flujo luminoso emitido en función de la  $T_{\text{unión}}$  ( $T_j$ ).

- En cuanto a su característica de respuesta a fallos temporales en la alimentación de la red, este tipo de lámparas reenciendo en caliente instantáneamente, lo que la convierte en la fuente de luz más idónea en este sentido.
- Los LEDS, como ya se ha descrito, permiten su alimentación a distintas intensidades, por lo que puede regularse su flujo luminoso y consumo energético.

Esta variación de la intensidad se logra a través de la fuente de alimentación, pudiendo hacer adaptable la instalación a las necesidades del tráfico, cumpliendo así con lo dispuestos en el REEIAE (Reglamento de Eficiencia Energética para Instalaciones de Alumbrado Exterior).

- El rendimiento cromático de estas fuentes de luz puede ser desde 65 a 90.

La visibilidad de los objetos en el campo de visión periférico del ojo (visión periférica) es mejorada cuando se usan fuentes de luz blanca a los niveles típicos del alumbrado de carretera, lo cual puede ser muy importante dado que la seguridad en la carretera durante la noche está relacionada de modo muy estrecho con la visión periférica.

- **Equipos eléctricos auxiliares.**

Son aquellos elementos que precisan las lámparas como complemento para su funcionamiento, estabilizando, de forma puntual o continua, la corriente de las lámparas.

Se consideran equipos eléctricos auxiliares, los balastos, los condensadores y los arrancadores.

○ **Sistemas de alimentación para LED.**

Los LED tienen sus propias exigencias debido a la polarización de estos, lo que se debe llevar a cabo mediante lo que se ha dado en denominar “drivers”, que es el término inglés del sistema de alimentación.

Hay diferentes sistemas de alimentación, entre los que cabe destacar 4 tipos diferentes:

- De resistencia limitadora.
- Fuente de tensión lineal.
- Fuente de tensión conmutada.
- Fuente de corriente.

Las características de estos son:

- Los sistemas de alimentación de resistencia limitadora emplean una resistencia en serie con los LED que limita la corriente a un valor seguro y regula la tensión aplicada. Son de bajo coste y elevada simplicidad, pero tienen una baja eficiencia y una pobre regulación de corriente.
- Los sistemas de fuente de tensión lineal están basados en una resistencia limitadora en la que estabilizamos la tensión de alimentación con una fuente lineal. Son de bajo coste y elevada simplicidad y aseguran una buena regulación de corriente, pero tienen una baja eficiencia.
- Los de tensión conmutada que transforman una tensión pulsatoria en una tensión de secundario continua de valor proporcional a la secuencia de los impulsos, son sistemas de coste elevado y pueden plantear problemas de compatibilidad electromagnética; garantizan una buena eficiencia y regulación de corriente, así como permitir la reducción de flujo luminoso y consumo mediante una señal de control.
- La fuente de corriente se basa en circuitos conmutados complejos que garantizan una corriente de salida estable, con lo que no hace falta la resistencia limitadora. Son de coste muy elevado y pueden plantear problemas de compatibilidad electromagnética, pero garantizan una óptima eficiencia y regulación de corriente, así como permitir la reducción de flujo luminoso y consumo mediante una señal de control.

La normativa aplicable a estos sistemas está en preparación, pero ya existen las siguientes:

- UNE EN 62031 aplicable a Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.



- UNE EN 61347-2-13. Requisitos particulares para dispositivos electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.

- **Luminarias.**

Las luminarias son los componentes de la instalación de alumbrado que alojan las fuentes de luz y los equipos eléctricos auxiliares para su funcionamiento, al tiempo que se encargan de filtrar o transformar la luz emitida por la fuente de luz.

Las luminarias para alumbrado de carreteras a cielo abierto pueden ser de dos tipos:

- Luminarias de alumbrado vial.
- Proyectoros.

- **Luminarias de alumbrado vial.**

Estas luminarias se caracterizan por su distribución asimétrica, en alas de murciélago, que permite su separación de otro punto de luz a una distancia considerable. Los parámetros fotométricos más importantes de la distribución luminosa que definen estas luminarias son: alcance, dispersión y control de deslumbramiento.

- El alcance es la distancia longitudinal a la que la luz emitida por la luminaria queda distribuida a lo largo de la calzada y queda definida por el ángulo de elevación de la parte central del haz.
- La dispersión es la distancia transversal a la que la luz emitida por la luminaria queda distribuida a lo ancho de la calzada, y se define mediante la posición de la línea, paralela al eje de la calzada, que es tangente al contorno de la curva del 90 % de la intensidad máxima de calzada y 90.
- El control del deslumbramiento se define por el índice específico de la luminaria (IEL).

- **Proyectoros.**

Los proyectoros son luminarias fabricadas para poder “proyectar” el haz luminoso a distancia, es decir, para poder iluminar superficies alejadas del punto geométrico de su ubicación.

Sirven en general para iluminar superficies amplias, sin limitaciones de geometría en general, y su distribución fotométrica no responde a la necesidad de cumplir con las exigencias de luminancia que si tienen las luminarias de alumbrado vial.

Los proyectoros, fotométricamente, se pueden clasificar en 3 grupos:

- Simétricos de revolución.
- Simétricos rectangulares respecto de 2 ejes.

- Simétricos rectangulares respecto de un solo eje o “asimétricos”.

Los proyectores, por su forma y dimensiones bastante mayores que las de las luminarias de alumbrado vial, admiten también otras técnicas de fabricación de su cuerpo, tales como el repulsado o la extrusión.

En la tabla 1.14.6.6 se recogen las características que deben cumplir las luminarias que se empleen en las instalaciones de alumbrado de carreteras y puntos singulares.

Tipo de Luminaria	Autovías y Autopistas	Carreteras Convencionales	Intersecciones, Glorietas, Nudos
Factor de utilización	80%	75%	65%
FHS	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$
Fotometría	Alcance: largo Dispersión: media-ancha Control: fuerte	Alcance: largo Dispersión: media-ancha Control: fuerte	Alcance: corto-intermedio Dispersión: media-ancha Control: moderado
Grado de protección (s/UNE EN 60598)	IP 65	IP 65	IP 65
Clase eléctrica	Clase I o II	Clase I o II	Clase I o II
Cuerpo de luminaria	Al. inyectado	Al. inyectado o extruido	Al. inyectado o extruido
Capacidad en lámparas de descarga	Hasta 400 W de vapor sodio alta presión	Hasta 250 W de vapor sodio alta presión	Hasta 1000 W de vapor sodio alta presión
Capacidad en módulos de LED	Hasta 250 W	Hasta 150 W	Hasta 250 W

Tabla 1.14.6.6 – Características de las luminarias de alumbrado de carreteras

- **Columnas y soportes de puntos de luz.**

Los soportes son el elemento de sustentación de los puntos de luz; pueden ser de diferentes formas y materiales. Normalmente se sujetan con una cimentación propia de hormigón, mediante un sistema de sujeción por pernos o espárragos que sobresalen de la cimentación y unas tuercas de fijación de la placa de base del soporte a dicha cimentación.

En su parte superior tienen previstos los casquillos que han de permitir el acoplamiento y montaje de las luminarias a través de sus elementos de fijación.

De forma resumida, los soportes pueden ser:

- Columnas rectas con la luminaria montada sobre un casquillo en la parte superior (“post-top”).
- Columnas rectas con un brazo horizontal o provisto de una cierta inclinación que forma, o bien un ángulo recto o bien un ángulo ligeramente obtuso con la parte del fuste del soporte que queda por debajo de él, y en el extremo de cuyo brazo se dispone el casquillo para fijación de la luminaria.
- Soportes con forma de báculo, de una pieza, y cuyo brazo se forma como consecuencia de un curvado del fuste en su parte superior para permitir la sujeción de la luminaria al casquillo de su extremo.
- Columnas de dos o más brazos, tanto rectos como curvos, que se acoplan al fuste de la columna principal, mediante soldadura, si es metálico el soporte, o por fijación mediante un acoplamiento especial si es metálico o de otro material.
- Columnas para fijar en su parte superior bastidores sencillos donde se sujetan varias luminarias o proyectores.

En cuanto a los materiales de los que pueden estar contruidos, son los que están admitidos por la normativa europea:

- Acero: EN 40-5.
- Aluminio: EN 40-6.
- Polímeros compuestos reforzados con fibras: EN 40-7.
- Hormigón armado y hormigón pretensado: EN 40-4.

Además del cumplimiento de las Normas aplicables a cada uno de los materiales consignados en ellas, la Norma UNE EN 40-1 y -2 contiene las hipótesis de cálculo a aplicar y el método de cálculo de dimensionamiento para los distintos tipos de soportes.

- **Dispositivos de regulación del flujo luminoso y consumo de los puntos de luz.**

Los sistemas de regulación son elementos que permiten modificar ciertos parámetros eléctricos de la instalación cuando el uso para el que ha sido diseñada así lo requiera, ya sea por disminución del tráfico que circula por una carretera o por otra razón justificada, sin afectar con ello a la seguridad ni disminuir la vida de los componentes de la instalación; de este modo se pueden reducir los importantes gastos que representa la explotación de dichas instalaciones y su conservación en el tiempo, a la vez que la instalación se hace adaptable a las necesidades de cada momento.

En este sentido y a mayor abundancia, el REEIAE define perfectamente, en su Instrucción EA-04, la necesidad del empleo de estos dispositivos, recogiendo textualmente:

“Las instalaciones de alumbrado público, al objeto de ahorrar energía, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante, por ejemplo, balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores - estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos de potencia regulable, disminuyendo el nivel de iluminación, pero manteniendo la uniformidad en dicha instalación”.

En la actualidad, los sistemas admitidos con carácter formal y recogidos en el REEIAE son:

- Balastos serie tipo inductivo para doble nivel de potencia.
- Reguladores estabilizadores en cabecera de línea.
- Balastos electrónicos de potencia regulable.

Sin embargo, está apareciendo un cuarto sistema que hasta ahora no ha sido recogido en el Reglamento, pero que dada la rápida expansión de las nuevas fuentes de luz de estado sólido (los LED) y, la implementación en este proyecto merece la pena recoger en este documento por lo que puede suponer de ayuda en el conocimiento tecnológico del sector.

Dicho sistema lo constituyen los Dispositivos de alimentación regulables para LED.

Como se sabe las luminarias provistas de fuentes de luz de estado sólido (es decir de LED), necesitan una fuente de alimentación que generalmente funciona a 12 o 24 voltios, con mayor profusión a 24 voltios. Estos dispositivos de alimentación, que convierten la tensión de red a la tensión necesaria para el buen funcionamiento de los LED, pueden ser regulables:

- En lo que se refiere a la intensidad de salida exclusivamente.
- En lo que se refiere a la tensión de entrada y a la intensidad de salida en un mismo dispositivo.

En el primer caso, es decir, cuando tan solo se varía la intensidad de salida, mientras la tensión de red es de 230 voltios, la intensidad suministrada puede ser la nominal de funcionamiento de los LED o mayor o menor según se desee, con lo que la fuente de luz puede proporcionar un flujo luminoso mayor, pero sobre todo menor que el nominal, al tiempo que se disminuye también el consumo lógicamente.

El accionamiento del dispositivo para que suministre intensidad menor de la nominal puede producirse generalmente mediante un temporizador, una señal de mando transmitida mediante un sistema de gestión simple o de tipo DALI o DMX (más complejos de componentes y de cableado, pero más amplios de espectro).

En el segundo caso, es decir, cuando no solo se proporciona una intensidad de salida nominal variable, sino que el dispositivo también acepta que la tensión de entrada pueda variar, se podrá emplear en instalaciones existentes con luminarias con fuentes de luz tipo LED, no solo para el reemplazamiento de los sistemas ópticos obsoletos por otros más avanzados, sino incluso en aquellas instalaciones dotadas de sistemas de estabilización - reducción en cabecera de línea, pues a pesar de variar la tensión de alimentación en cabecera de línea, también los dispositivos de tensión de entrada variable funcionarán correctamente en el denominado “régimen reducido”.

○ **Ventajas.**

- En caso de fallo del dispositivo, sucederá lo mismo que con los balastos inductivos y los electrónicos, es decir, como mucho fallará un solo punto de luz, no toda la instalación.
- Estos equipos estabilizan de forma muy correcta el funcionamiento eléctrico de los diodos electroluminiscentes (LED), por lo que se conserva la vida de los componentes de la instalación, sin inducir anomalías en su funcionamiento.
- Son sistemas que permiten conseguir una buena eficiencia energética, en mayor medida que cualquier balasto inductivo al tener unas pérdidas propias reducidas.
- Como dispositivos electrónicos permiten la estabilización del funcionamiento de los LED frente a variaciones de la tensión de red y en los dos regímenes de funcionamiento (nominal y reducido), característica imposible de lograr con los balastos inductivos convencionales de tipo choque.
- El flujo luminoso emitido por un LED depende en cada momento de la intensidad que circula por él.

○ **Inconvenientes.**

- Su fiabilidad depende de la calidad de sus componentes, por lo que resulta crítica en cuanto a las condiciones ambientales exteriores, tales como temperatura, humedad o incluso descargas atmosféricas, dada la dispersión de los valores propios de algunos de dichos componentes.
- No pueden emplearse con ninguna otra fuente de luz que no sean los LED, por lo que a menos que se reemplace el conjunto completo de fuente de luz, disipador térmico, sistema óptico y equipo, no se pueden utilizar en instalaciones ya existentes.
- Hay que invertir una importante cantidad de dinero en las operaciones de reposición, al tener que acceder a cada punto de luz y cambiar todo menos la envoltura exterior de la luminaria, con lo que además se incurriría en el incumplimiento del marcado N, a menos que el fabricante de la luminaria original autorizara y garantizara el cambio.

- **Implantación y disposición de luminarias.**

En tramos rectos o curvas de radio superior a 300 metros existen cuatro tipos de implantación de puntos de luz, más las combinaciones de estos que se precisen, si las características geométricas así lo requieren. Estos tipos son: unilateral, bilateral tresbolillo, bilateral pareada y axial.

La dispersión de una luminaria es la que permite dimensionar la instalación previendo una o dos líneas a ambos lados de la calzada para satisfacer los requisitos de iluminación. Así, con una sencilla regla nemotécnica, se puede decidir la adopción de una u otra implantación, en función de la relación anchura de calzada/altura de montaje:

Tipo de Implantación	Relación anchura de calzada/altura de montaje (A/H)
<b>Unilateral</b>	$A < 0,8H$
<b>Bilateral Tresbolillo</b>	$0,8H < A < 1,2H$
<b>Bilateral Pareada</b>	$A > 1,2H$
<b>Axial</b>	$A < 1,2H$

Tabla 1.14.6.7 – Tipos de implantación de puntos de luz

La implantación axial tiene la limitación de que la anchura de la mediana de separación de calzadas no debe ser superior a 3 m; permite un ahorro de instalación al precisarse solo de una canalización, una línea de cimentaciones y un solo soporte, pero tiene el inconveniente de la dificultad del mantenimiento, que puede requerir tener que cortar temporalmente la circulación del carril izquierdo en el sentido de circulación.

- **Unilateral.**

En esta solución los puntos de luz se sitúan en un mismo lado de la vía de tráfico. Se utilizará generalmente cuando la anchura A de la calzada sea igual o inferior a 0,8 veces la altura H de montaje de las luminarias.

- **Bilateral tresbolillo.**

En esta solución los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico al tresbolillo. Se utilizará principalmente cuando la anchura de la calzada A sea de 0,8 a 1,2 veces la altura H de montaje de las luminarias.

- **Bilateral pareada.**

En esta solución los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico, uno opuesto al otro. Se utilizará normalmente cuando la anchura de la calzada A sea mayor de 1,2 veces la altura H de montaje de las luminarias.

- **Axial.**

En vías de tráfico con mediana de separación entre los dos sentidos de circulación, los puntos de luz podrán implantarse en columnas o báculos de doble brazo, situados en la mediana central, siempre que su anchura esté comprendida entre 1 y 3 m.

Para anchuras de medianas superiores a 3 m no se utilizarán báculos o columnas situados en la mediana y la disposición de puntos de luz se estudiará como si se tratara de dos calzadas independientes.

- **Agrupaciones combinadas.**

Cuando sea preciso se podrán utilizar combinaciones de las cuatro disposiciones básicas (unilateral, tresbolillo, pareada y central). Por ejemplo, en vías de dos calzadas con mediana y vías secundarias a ambos lados, es habitual combinar la implantación axial y la bilateral en oposición.

La implantación de puntos de luz en curvas de radio  $< 300$  m, se tendrá en consideración si la anchura  $A$  de la vía de tráfico es menor de 1,3 veces la altura  $H$  de montaje y, los puntos de luz deberán implantarse en la parte exterior de la curva, situando un punto de luz en la prolongación del eje de cada carril. La separación entre puntos de luz deberá ser tanto mayor cuanto mayor sea el radio de curvatura, variando entre  $3/4$  y  $1/2$  de la separación media calculada en el tramo recto de dicha vía de tráfico.

Para vías de tráfico cuya anchura sea mayor de 1,5 veces la altura  $H$  de montaje, la implantación de los puntos de luz deberá ser bilateral pareada. En cualquier caso, deberá evitarse la distribución al tresbolillo.

Para la disposición de los puntos de luz en alzado, la altura adoptada será la de montaje ( $H$ ) elegida en los cálculos luminotécnicos. No obstante, existen casos especiales en los que la altura de montaje ha de fijarse en función de otros conceptos.

En muchas situaciones, el alumbrado viario puede plantear problemas muy complicados en cuanto a visión y maniobra de los vehículos, como ocurre por ejemplo en intersecciones, enlaces, glorietas, pasos subterráneos y elevados, nudos de tráfico convergente y divergente, curvas y viales en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles, interconexiones complejas de tráfico, etc.; el diseño en estas situaciones requiere un estudio específico.

Cuando se analizan estos casos, puede observarse la presencia de cuatro factores básicos, distintos a los de las situaciones estándar:

- Los conductores sufren un incremento de las tareas mentales y visuales cuando se acercan y tratan de circular por estas zonas.

- El contorno de los objetos no se reconoce muchas veces, debido a circunstancias como la localización del vehículo, peatones, obstáculos y la geometría general de las calzadas.
- Muy frecuentemente suele plantearse un problema de deslumbramiento, provocado por las luminarias o proyectores que dirigen la luz en sentido contrario al de circulación.
- Generalmente no se dispone de suficiente iluminación con los faros del vehículo para poder apreciar con fiabilidad la geometría de la calzada y valorar la dificultad de detenerse a velocidades elevadas. Además, se constata el hecho de que el haz luminoso de los faros del vehículo se aparta de la dirección de desplazamiento al entrar en una curva pronunciada.

En el alumbrado de situaciones especiales deben tenerse en cuenta las consideraciones siguientes:

- Desde el comienzo del estudio de la situación especial o tramo singular, se requerirá, si es posible, efectuar un reconocimiento in situ de la situación al objeto de verificar las posibilidades reales de implantación de la instalación de alumbrado.
- Se evitará la implantación de puntos de luz en isletas de pequeñas dimensiones.

El alumbrado de situaciones especiales o tramos singulares tiene como finalidad la lectura o comprensión de dichas situaciones por parte de los usuarios de estas. En este sentido, el alumbrado de un tramo singular aislado situado en un itinerario que carece de iluminación deberá permitir al automovilista lo siguiente:

- A larga distancia (800 a 1.000 m), ver una zona luminosa que llama su atención.
- A media distancia (300 a 500 m), comenzar a percibir una idea de la configuración del tramo singular, mediante un guiado visual llevado a cabo merced a una disposición adecuada de los puntos de luz.
- A corta distancia, ver sin ambigüedad los obstáculos y la trayectoria a seguir.
- Saliendo de la zona iluminada no sufrir el efecto "agujero negro", al pasar súbitamente de la luz a la sombra, estableciendo un decrecimiento progresivo de la luminancia, durante una longitud de al menos 100 m.

- **Obra civil.**

La obra civil correspondiente a las instalaciones de alumbrado público comprende: cimentaciones, zanjas, cruces con otras canalizaciones y arquetas.



### ○ Cimentaciones.

En el cálculo de las cimentaciones se comprobará la seguridad al vuelco y al deslizamiento, así como la suficiente capacidad portante del terreno. También se comprobará que las tracciones sobre los pernos de anclaje son admisibles.

Siempre y cuando las condiciones de la rasante lo permitan, las cimentaciones de las columnas o báculos de hasta nueve metros (9 m) de altura y de diez (10 m) a catorce metros (14 m) de altura cumplirán las dimensiones indicadas en la Tabla 1.14.6.8, excepto que mediante el cálculo específico correspondiente se justifique otra solución, el cuál debe realizarse en todo caso para alturas distintas de las indicadas en el cuadro. Siempre que sea posible, las arquetas de paso o de derivación se adosarán a la cimentación del soporte. El sistema de sustentación de la columna o soporte será siempre mediante placa de asiento.

Los materiales empleados en la ejecución de las cimentaciones deberán cumplir la normativa vigente, utilizándose hormigón HM-20 como mínimo. Las dimensiones orientativas A y B del dado de hormigón de las cimentaciones de los puntos de luz en metros (figura 1.14.6.1) serán las establecidas en la tabla 1.14.6.8, en función de la altura h del soporte en metros.

H (m)	Hasta 9	10	11	12	13	14
A x A (m)	0,7 x 0,7	0,9 x 0,9	0,9 x 0,9	0,9 x 0,9	1,0 x 1,0	1,0 x 1,0
B (m)	1	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4

Tabla 1.14.6.8 – Dimensiones orientativas de las cimentaciones

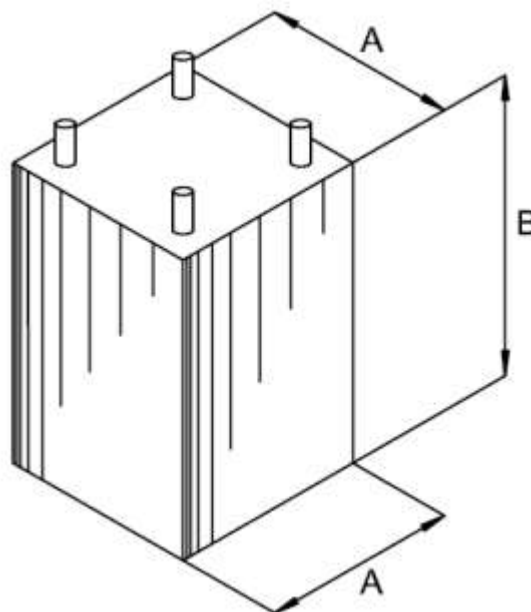


Figura 1.14.6.1 – Dado de cimentación de punto de luz (Orden Circular 36/2015)

Para las cimentaciones de los puntos de luz se dispondrán cuatro pernos de anclaje galvanizados como mínimo, que serán de acero F-111 según la norma UNE-33051, doblados en forma de cachava y con doble zunchado con redondo de 8 mm de diámetro soldado a los cuatro pernos.

Los pernos tendrán roscado métrico en la parte superior, realizado con herramientas de tallado y no por extrusión del material, debe estar realizada por el sistema de fricción, según la norma UNE 17704, “Rosca métrica ISO de empleo general. Medidas básicas”.

○ **Arquetas.**

Las arquetas de derivación a punto de luz se ejecutarán de hormigón HM-20 o de fábrica de ladrillo.

Las paredes tendrán un espesor mínimo de 15 cm; las dimensiones interiores serán de 60 x 60 cm y la profundidad de 80 cm, en el caso de zanjas en aceras, arcenes y medianas; se podrán admitir dimensiones interiores de hasta 40 x 40 cm, cuando existan problemas de espacio.

En las zanjas en zonas verdes, las dimensiones interiores serán de 40 x 40 cm y 80 cm de profundidad. En todo caso, la superficie inferior de los tubos de plástico liso estará a 10 cm sobre el fondo permeable de la arqueta.

Las arquetas irán dotadas de marco y tapa de fundición modular de grafito esferoidal tipo FGE 42-12 según norma UNE–EN 1563:2012. Fundición. Fundición de grafito esferoidal, con testigo de control en forma de mamelón troncocónico de diámetro 15 mm y salida 3°.

Se preverá un anclaje del marco solidario con el mismo adecuado; el peso del marco será de 11,2 kg para arquetas de 60 x 60 cm y de 6,4 kg para arquetas de 40 x 40 cm, mientras que el peso de la tapa será respectivamente de 36,8 y 13,6 kg. El marco y la tapa también podrán ser de hormigón de las características adecuadas.

Las arquetas para cruce de calzada serán similares a las de derivación a punto de luz, de dimensiones interiores de 60 x 60 cm y con profundidad mínima de 1 m. En situaciones especiales podrá utilizarse la arqueta de cruce de calzada como arqueta de derivación.

Estos registros se utilizan para:

- Pasar el cable al inicio de la obra sin empalme.
- Reparaciones en caso de avería en los conductores.
- Comprobar la presencia de roedores y colocar componentes químicos anti roedor.
- Recoger a su interior los cables de la columna si esta se desmonta.

No obstante, y con el fin de evitar el vandalismo y el robo de los conductores, se debe rellenar la arqueta con tierra fina y cubrirla con hormigón y disponer una tapa soldada; en caso de avería, las puntas de los conductores están en la base de las columnas y no es preciso abrir las arquetas.

#### **1.14.7 Armónicos de la red de distribución en alumbrado público**

Los parámetros fundamentales que determinan un suministro de energía eléctrica son: la tensión de alimentación ( $U$ ) y la corriente ( $I$ ).

El correcto suministro de la tensión ( $U$ ) y la capacidad de entregar a los usuarios la energía eléctrica necesaria en un determinado momento, depende de las compañías suministradoras encargadas de distribuir la energía eléctrica.

En España, la tensión se suministra a 400 voltios (V) en un sistema trifásico con una frecuencia de 50 Hz, considerando esta tensión como baja hasta el valor de 1000 V. A partir de los 1000 V y hasta los 25 kilovoltios (kV) se considera media tensión, la cual depende de las zonas y de las compañías suministradoras. Por último, desde los 25 kV se considera alta tensión y es utilizada, principalmente, para transportar la energía eléctrica a grandes distancias.

En la actualidad, se deben unificar los conceptos de calidad (correcto suministro de energía) y de eficiencia de la energía eléctrica (obtener el máximo rendimiento de esta). Por esta razón, hay que optimizar al máximo la energía consumida, así como su transporte y utilización, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos en las instalaciones.

Un aspecto fundamental de la calidad y eficiencia energética consiste en generar y transportar al máximo energía activa que produce trabajo útil, procurando compensar las cargas de energía fluctuante y no productivas, como la energía reactiva, así como la energía de distorsión que generan algunos equipos eléctricos con componentes no lineales: reactancias electrónicas no filtradas, variadores de velocidad, rectificadores y arrancadores electrónicos, entre otros muchos.

Los aspectos negativos de la calidad del suministro eléctrico según se recogen en la norma EN UNE 50160:1996 son:

- Sobretensión.
- Interrupción de la alimentación.
- Microcortes de tensión.
- Fluctuación de la tensión.
- Parpadeo (Flicker).

- Huecos de tensión.

Las perturbaciones armónicas en las instalaciones eléctricas son analizadas minuciosamente por distintos organismos internacionales en los últimos años. Dichas perturbaciones son motivadas al crecimiento de los dispositivos electrónicos (equipos informáticos y electrónica de potencia), que contribuye a la degradación de la tensión de alimentación.

Otro efecto de las perturbaciones es que las cargas distorsionantes (receptores no lineales), producen en la red corrientes distorsionadas, que en función de su amplitud y de la impedancia de la red, pueden llegar a modificar la forma de onda senoidal.

Para clarificar esta distorsión, mostramos una forma de onda ideal y una forma de onda distorsionada en la siguiente figura.

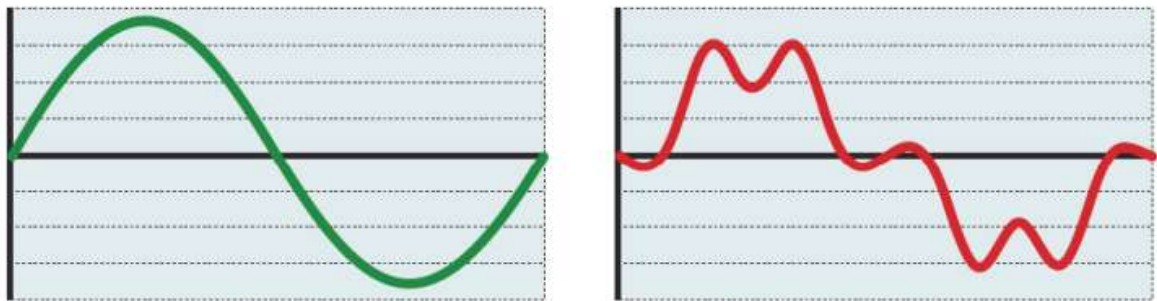


Figura 1.14.7.1 – Onda ideal y onda distorsionada (Apuntes de GEEE)

Los armónicos pueden perturbar el correcto funcionamiento de máquinas y equipos, por lo tanto, la importancia de considerar este efecto en las instalaciones actuales.

Las perturbaciones se traducen en costes (pérdidas): técnicos y económicos.

Los Costes Técnicos son todos aquellos que conllevan una pérdida de rendimiento de la instalación y, provocan las siguientes consecuencias:

- Pérdida de capacidad en líneas de distribución de energía.
- Sobrecarga de transformadores.
- Sobrecarga de conductores.
- Caídas de tensión.
- Descalificación de los transformadores.
- Pérdidas por efecto Joule en líneas y máquinas.
- Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas.

Los Costes Económicos son los cuantificables económicamente, pudiendo dividirse en costes visibles y costes ocultos.

Los efectos de los costes económicos visibles se pueden medir en:

- Mayor consumo eléctrico.
- Puntas de consumo eléctrico.
- Recargo o pago de energía reactiva.

En cambio, los costes económicos ocultos se cuantifican en:

- Pérdidas de distribución.
- Pérdidas de potencia y energía (por efecto Joule y magnéticas).
- Ampliación de instalaciones.
- Paradas de procesos productivos.

No todos los problemas de calidad eléctrica que sufren las instalaciones son imputables a los efectos de los armónicos y, atendiendo a lo que indica la norma EN 50160, los principales parámetros de la red que pueden verse alterados por algún tipo de perturbación son los siguientes:

- Frecuencia. Variaciones de frecuencia en generadores aislados (42,5, ..., 57,5 Hz).  
Pudiendo dividirlas en: conducidas en banda A (10, ..., 150 kHz) y B (150 kHz, ..., 30 MHz); radiadas (30, ..., 80 MHz; 80 MHz, ..., 1 GHz)
- Amplitud. Clasificadas en transitorias y periódicas según si la duración es mayor o menor a un ciclo.

Si la duración del ciclo es mayor, son transitorias si provocan: variaciones lentas de tensión ( $\pm 10\%$ ); sobretensiones (+10, ..., +25%); valles (-100, ..., -10%). Por el contrario, son periódicas si originan fluctuaciones de modulación y flicker (0,5, ..., 30 Hz).

En cambio, si la duración del ciclo es menor, son transitorias si provocan: variaciones rápidas de tensión (escalón, alto  $dU/dt$ ); transitorios crestas y valles (impulso o impulsos, alto  $dU/dt$ ). Por el contrario, son periódicas si originan armónicos: amplitud  $< 100\%$ ; 100, ..., 2500 Hz.

- Forma de onda.
- Simetría del sistema trifásico. Clasificadas en dos tipos: desequilibrios (secuencia inversa); fugas (homopolar de 30 mA y 500 mA).

Los armónicos son por lo tanto una parte de las “no idealidades” de onda existente en una instalación y de la red, encuadradas dentro de las perturbaciones de la amplitud de la onda.

La norma UNE-EN-50160:1996 define la tensión armónica como “una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación en el sistema”.

Los armónicos se pueden considerar como tensiones o corrientes sinusoidales que poseen frecuencias con múltiplos enteros de la frecuencia en la que el sistema de alimentación está diseñado para funcionar.

El matemático francés Fourier, definió este fenómeno afirmando que “cualquier señal periódica, por compleja que sea, se puede descomponer en una suma de señales sinusoidales cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental o de referencia”.

Por lo tanto, toda forma de onda periódica no-sinusoidal puede ser representada como la suma de infinitas ondas sinusoidales cuyas frecuencias son enteros múltiplos de la frecuencia fundamental, que denominamos armónicos, (J. Baptiste Fourier).

La siguiente figura representa esta definición realizada por Fourier como la onda distorsionada es la suma de tres ondas: fundamental a 50 Hz, armónica a 250 Hz y armónica a 350 Hz.

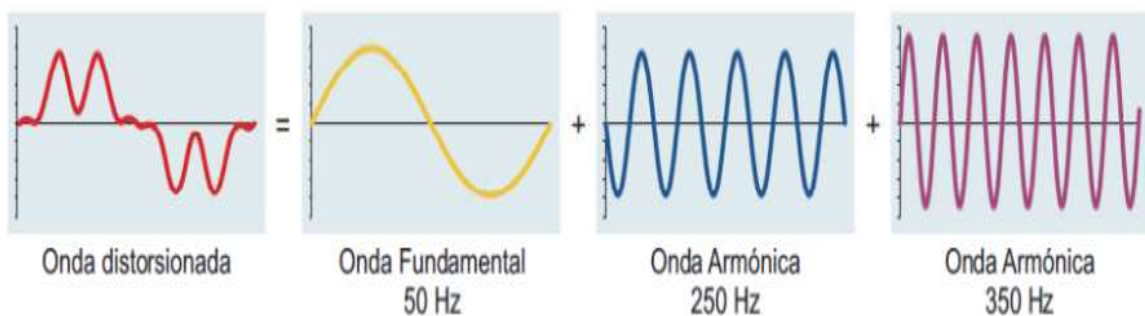


Figura 1.14.7.2 – Representación gráfica de la serie de Fourier (Apuntes de GEEE)

Los armónicos generan cargas no lineales, que conectadas a la red eléctrica alterna y senoidal, absorben corrientes no lineales y cuya amplitud y frecuencia depende de la deformación de la onda de corriente al aplicar una tensión senoidal. Estas cargas no lineales son por lo general periódicas.

Los armónicos se clasifican por tres parámetros (Orden, Frecuencia y Secuencia) que definen perfectamente la función del armónico correspondiente en las redes eléctricas.

A continuación, se describirán los siguientes conceptos básicos para comprender el efecto de los armónicos en los sistemas eléctricos:

- Frecuencia fundamental ( $f_1$ ): Frecuencia de la onda original de la red de distribución de energía (50/60Hz).

- Orden de un armónico ( $n$ ): Número entero dado por la relación de la frecuencia de un armónico a la frecuencia fundamental. Con el orden se determina la frecuencia del armónico. (3<sup>er</sup> armónico:  $3 \times 50 = 150$  Hz).
- Componente fundamental ( $U_1$  o  $I_1$ ): Componente sinusoidal de orden 1 del desarrollo en serie de Fourier de frecuencia igual a la onda periódica original.
- Componente armónica ( $U_n$  o  $I_n$ ): Componente sinusoidal de orden superior a 1 del desarrollo en serie de Fourier de frecuencia múltiplo entero de la frecuencia origen.
- Valor eficaz total (TRMS): Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todos los componentes que forman la onda (tensión o intensidad).

Los factores más importantes para medir la Calidad del suministro son los siguientes:

- Tasa individual de distorsión individual ( $U_n \%$  o  $I_n \%$ ): se define para un armónico de orden  $n$ , como la relación entre el valor eficaz de dicho armónico y el armónico fundamental.
- Residuo armónico (RA): es el valor eficaz de todos los armónicos de una magnitud distorsionada, descontada la contribución del armónico fundamental.
- Tasa total de distorsión (THD): relación entre el valor eficaz del residuo armónico de la tensión o corriente y el valor de la componente fundamental.

Los Espectros Armónicos son diagramas de barras que representan los distintos armónicos presentes en una magnitud distorsionada y su valor (coeficientes del desarrollo de Fourier) o su valor relativo (IHD).

La siguiente figura muestra el diagrama de barras de intensidades armónicas de una lámpara PL Electronics T20 W.

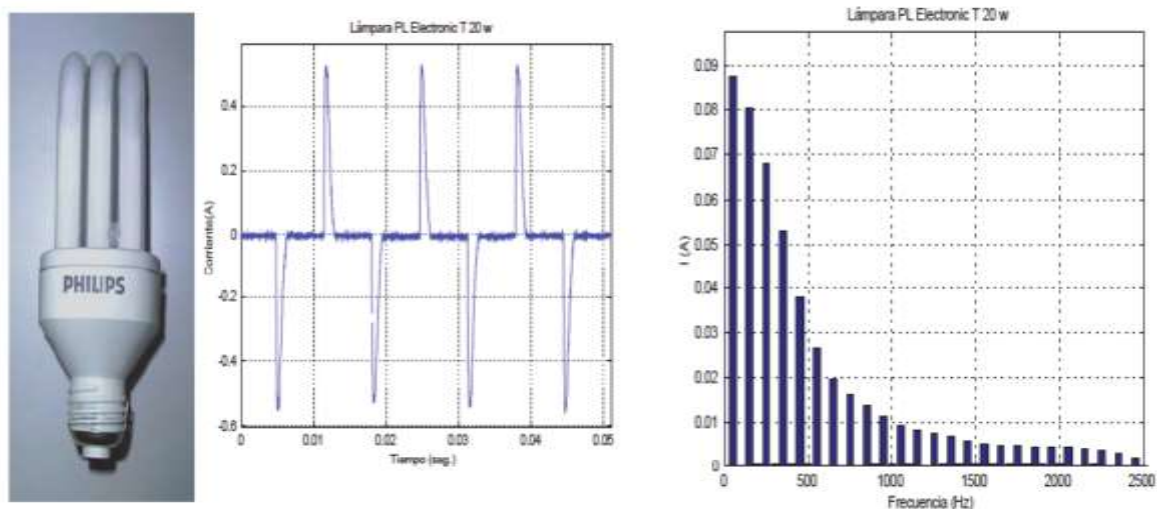


Figura 1.14.7.3 – Diagrama de barras lámpara PL T20 W (Apuntes de GEEE)

Los armónicos de orden impar son los que se encuentran en las redes eléctricas de la industria, edificios y explotaciones industriales, aeropuertos, etc. Los de orden par sólo aparecen cuando hay asimetría en la señal eléctrica.

La secuencia positiva o negativa de los armónicos no determinan un comportamiento concreto de los mismos en las redes eléctricas, son igual de perjudiciales unos que otros.

En el caso concreto de las baterías de condensadores para la corrección del factor de potencia son más perjudiciales los de secuencia negativa, y fundamentalmente el 5°.

Por el contrario, los de secuencia cero, al ser su frecuencia múltiplo eléctrico de la fundamental, se desplazan por el neutro, haciendo que por él circule la misma o más intensidad que por las fases con el consiguiente calentamiento de este, de ahí la necesidad de igualar la sección del neutro a las fases.

La secuencia de los armónicos se divide según el orden del armónico representado en las componentes simétricas de tensiones y corrientes del sistema:

- Secuencia Directa:  $n = 1 + 3k$ .
- Secuencia Inversa:  $n = 2 + 3k$ .
- Secuencia Homopolar:  $n = 3 + 3k$ .

Orden	Fundamental	2	3	4	5	6	7
Frecuencia	50	100	150	200	250	300	350
Secuencia	Directa	Inversa	Homopolar	Directa	Inversa	Homopolar	Directa

Tabla 1.14.7.1 – Secuencia de los armónicos

La 3ª y 5ª armónica son las dos distorsiones armónicas más importantes a la hora de determinar la corrección del factor de potencia en instalaciones industriales, puesto que los condensadores deben instalarse formando filtros pasivos (L – C).

El origen de las distorsiones armónicas es causado por:

- **Fuentes No Sinusoidales.**
  - Inversores electrónicos. Utilizados en equipos de energía solar, entre otras aplicaciones.
  - Máquinas eléctricas en saturación. El circuito magnético de las máquinas eléctricas, generadores y transformadores, tienen un comportamiento no lineal, dando lugar a deformación de ondas de corriente cuando se supera el codo de saturación.



- **Receptores No Lineales.**

- Receptores alimentados mediante convertidores electrónicos, tal es el caso de los reguladores de motores eléctricos, reguladores de iluminación, etc.
- Lámparas de descarga. El funcionamiento de las lámparas de alumbrado público, las lámparas de fluorescencia y de bajo consumo dan lugar a corrientes no sinusoidales.

Existe una relación entre la corriente y tensión armónica, por lo tanto, la reactancia del conductor aumenta con la frecuencia, para cada intensidad armónica (rango  $h$ ), hay una impedancia del circuito de alimentación de un armónico de orden  $h$ ,  $Z_h$ .

La intensidad armónica circulando por la impedancia  $Z_h$  crea la tensión armónica  $U_h$ , quedando la tensión en el punto B, PCC (Punto de Conexión Común), distorsionada.

PCC según la EN-61000 es el punto en la red pública eléctricamente más próximo al cliente considerado, y en el que están conectados o pueden conectarse otros clientes.

Los armónicos son un fenómeno que causa problemas, tanto para los usuarios como para la empresa encargada de suministro del servicio de energía eléctrica, ocasionando diversos efectos nocivos en los equipos de la red.

Los efectos de los armónicos en función del elemento eléctrico a considerar pueden ser causados en:

- **El Conductor.**

Provoca problemas como: aumento de la corriente ( $I_{rms}$ ); pérdidas térmicas (efecto Joule) porque la resistencia aumenta con la frecuencia (efecto skin, área conductora es el perímetro exterior del conductor).

Los efectos son: sobrecalentamiento de los conductores (deterioro); disparo intempestivo de protecciones.

- **Conductor de Neutro.**

Ocasiona problemas de circulación de armónicos múltiplos de 3 y retorno de las corrientes homopolares por el conductor neutro (armónicos  $3k$ ).

Los efectos son: sobreintensidad circulando por el neutro; sobrecalentamiento del conductor neutro; degradación prematura y disparo intempestivo de protecciones.

En sistemas trifásicos equilibrados sin contenido armónico, las líneas de corriente están desfasadas  $120^\circ$ , anulándose unas con las otras, resultando una corriente muy pequeña. Sin embargo, cuando hay distorsión en cualquiera de las fases, los armónicos de las corrientes aumentan y, el efecto de anulación es reducido.

El resultado normal es una corriente de neutro significativamente mayor que lo calculado, por lo tanto, los armónicos “triples” (múltiplos de tres) se suman en el neutro y, pueden rápidamente causar un sobrecalentamiento peligroso.

En teoría, la corriente máxima que el neutro debería ser 1,73 veces la corriente de fase, si no es dimensionado correctamente, esto resultará en un sobrecalentamiento. Además, un valor de corriente de neutro mayor al normal causará caídas de voltaje entre neutro y tierra.

- **Condensador.**

Provoca problemas de resonancia paralelo con el sistema y amplificación de los armónicos.

Los efectos son: calentamiento de condensadores; envejecimiento prematuro y destrucción de condensadores.

En los sistemas eléctricos de potencia se utilizan bancos de condensadores para control de voltaje con el fin de mejorar o corregir el factor de potencia, pero su frecuencia constituye una de las componentes que afectan las características de la llamada respuesta a la frecuencia del sistema.

Los condensadores pueden dar lugar a condiciones de resonancia en serie o en paralelo, que eventualmente amplifican los problemas de armónicos.

- **Máquinas Eléctricas.**

Ocasiona problemas de circulación de corrientes armónicas por los devanados y tensiones armónicas en los bornes.

Los efectos son: sobrecalentamiento en los devanados y pérdida de aislamiento térmico (efecto Joule); aumento de pérdidas magnéticas (Histéresis y Foucault); desclasificación del transformador (Factor-K); vibraciones en el eje, ruido y desgaste mecánico en rodamientos y excentricidades (motores).

En los transformadores los efectos son: peor rendimiento, incremento de pérdidas por efecto Joule y pérdidas en el hierro.

En los motores los efectos son: incremento de pérdidas por efecto Joule; disminución de la eficiencia; peor rendimiento; reducción del par y oscilaciones.

- **Equipos de Medida y Control.**

Provoca problemas como medidas no válidas y errores en procesos de control.

Los efectos son: valores de magnitudes incorrectas; interferencias con sistemas de comunicación y control; error en los instantes de disparo de tiristores.

La presencia de armónicos afecta severamente la lectura de los instrumentos, lo que implica tomar en cuenta diversas precauciones al realizar una lectura, este análisis se realiza y se refiere a los instrumentos de uso frecuente.

Los instrumentos de aguja de tipo electro dinamométrico son los de uso más común en industrias y, su principio de funcionamiento es indicar el verdadero valor efectivo de la onda. Como emplean inductancias, solo consideran usualmente hasta la quinta armónica en forma fidedigna. Su mayor problema se relaciona con la calibración ya que, al existir piezas mecánicas giratorias, el roce provoca un error de lectura que en la mayoría de los casos tiende a ser una medición a la baja.

La gran mayoría de los instrumentos digitales con rectificador a la entrada de modo que realmente miden el valor medio de la onda rectificada, por lo tanto, si la onda es sinusoidal, el instrumento es de buena precisión, pero si la onda contiene armónicas, el instrumento mide un valor inferior al valor eficaz. En la medición de corrientes como las registradas en ordenadores, el instrumento mide un 30 % menos que el valor efectivo (RMS) de la corriente.

En general, los instrumentos de verdadero valor efectivo son instrumentos de tipo digital que emplea un sensor que registra la elevación de temperatura en una resistencia por la cual circula la corriente a medir, por lo tanto, el instrumento mide el verdadero valor efectivo de la corriente (o de voltaje), incluyendo todas las armónicas. Debido a que se mide un fenómeno térmico, el instrumento no es apto para medir consumos de rápida variación.

Otros equipos de mayor calidad realizan la medición empleando un convertidor analógico-digital.

- **Hornos del arco eléctrico.**

Estos hornos son utilizados para la fundición del acero, por lo general utilizan electrodos los cuales al hacer contacto con el acero se crea un arco eléctrico de tal magnitud que funde el acero. Por este motivo, los hornos de arco eléctrico son cargas que no se encuentran en estado estable.

- **Hornos de inducción.**

Son utilizados en la industria de manufactureras. Estos hornos tienen un rectificador e inversor, el cual controla la frecuencia de alimentación de una bobina, de esta manera la bobina mediante inducción hace que se calienten las piezas metálicas (como si fueran el núcleo de la bobina), las cuales alcanzan temperaturas muy altas y después pasan a ser moldeadas.

- **Convertidores.**

Son dispositivos que inyectan armónicos al sistema de corriente alterna debido a la operación de los elementos de switcheo (tiristores).

- **Cargas sensibles.**

Los efectos de la distorsión de la tensión de alimentación pueden perturbar el funcionamiento de aparatos sensibles como: dispositivos de regulación (temperatura), material informático, dispositivos de control y monitorización (relés de protección).

Las perturbaciones en líneas telefónicas son causadas porque los armónicos generan perturbaciones en los circuitos con la circulación de corrientes bajas. El grado de perturbación depende de la distancia de avance en paralelo de los cables de potencia y de señal, la distancia entre las líneas y la frecuencia de los armónicos.

- **Futuras fuentes armónicas.**

A largo plazo, se prevé un aumento importante en el contenido de armónicas en redes eléctricas, debido al uso en gran escala de coches eléctricos que requerirán recargar sus baterías en grandes bancos de rectificación y, por supuesto, el incremento del desarrollo de la tecnología lumínica con luminarias led y con balastos electrónicos.

Otras posibles fuentes de armónicas son aquellas que requerirán la conversión de grandes volúmenes de energía, posiblemente producidas por fuentes no convencionales (eólica, solar, u otros).

El uso de ciclo convertidores para la operación de máquinas de baja velocidad y alto par, el uso de dispositivos de conversión directa de energía como baterías de almacenamiento y, celdas de combustible, serían otros elementos que tendrán una gran influencia en el futuro de la distribución de la energía eléctrica.

Las tensiones armónicas responsables de la degradación de la onda de tensión senoidal son proporcionales al producto de la impedancia de la red en el punto considerado por las corrientes armónicas.

Las redes de distribución industrial presentan, de manera general, en el dominio de armónicos, un carácter inductivo.

Podemos pues considerar que las resistencias son despreciables, frente a la  $X$  de la red.

La impedancia de la red es proporcional a la frecuencia.

En un esquema unifilar simplificado de una red tenemos una inductancia  $L_s$  (de la red), y un condensador ( $C$ ) en paralelo que puede dar lugar a Resonancia Paralelo a determinadas frecuencias.

Existen varias organizaciones, tanto nacionales como internacionales, trabajando juntamente con ingenieros, fabricantes de equipos, y organizaciones de investigación para proponer las normas, pautas, prácticas recomendadas y los límites de distorsión armónica.

El principal objetivo de las normas es proveer una guía común, a todas las partes involucradas para trabajar juntas, con el fin de asegurar la compatibilidad entre los equipos de uso final y los sistemas de distribución de energía eléctrica.

Los límites de los armónicos se indican en las siguientes Normas:

- EN 50160. Características de la tensión suministrada por redes de distribución de BT y MT. Armónicos de Tensión THD (%) < 8 %.

Esta norma es un estándar europeo que trata los requerimientos de calidad del suministro para proveedores.

Define los niveles específicos de voltaje característicos que deben ser entregados por los distribuidores de energía eléctrica y métodos para evaluar la conformidad del suministro y, fue aprobada por el Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica (CENELEC) en 1994.

Prescribe características de voltaje en los puntos de suministro a clientes o en las redes de distribución de baja y media tensión bajo condiciones normales de operación.

En otros términos, se confina a características de voltaje en el PCC y no especifica los requisitos de calidad de la energía dentro del sistema del suministro o dentro de la instalación del cliente.

Los límites de voltaje armónico son dados en porcentaje del voltaje fundamental y, éstos se aplican a sistemas alimentados por BT o MT, por lo tanto, voltajes de hasta 35 KV.

La distorsión armónica total del voltaje de alimentación que incluye todos los armónicos hasta el 40 no debe exceder el 8 % y, los valores de distorsión de orden superior no son tomados en cuenta ya que, son demasiado pequeños para establecer un valor de la referencia significativa.

- EN 61000 3-2. Compatibilidad electromagnética, límites de emisión de corriente armónica. Equipos de BT y aparatos de corrientes  $I_n < 16$  A por fase.

Clasificación de aparatos. Valores límite:

- Clase A: aparato trifásico equilibrado y cualquier otro aparato distinto de los indicados en las otras clases.
- Clase B: herramientas portátiles.

- Clase C: aparatos de iluminación.

Orden	Máxima Corriente Armónica (% de la fundamental)
n	%
2	2
3	$30 \times \lambda$
5	10
7	7
9	5
$11 < n < 39$	3
$\lambda$ es el Factor de Potencia del circuito	

Tabla 1.14.7.2 – Límites de distorsión armónica para equipos clase C

- Clase D: aparatos con potencia < 600 W y corriente de entrada con forma de onda especial, como los aparatos de TV.
- Límites para equipos de potencia > 1kW y uso profesional están en estudio.
- EN 61000 3-4. Equipos de BT y corrientes > 16 A.
- IEC 61000-3-6. Especifica límites de emisión de corriente armónica para equipos conectados a sistemas de MT y AT, se refieren a voltajes de MT, entre 1 y 35 kV y, AT, entre 35 y 230 KV.

Un voltaje superior a 230 kV es considerado extra alta tensión (EAT), mientras que, un voltaje menor a 1 KV es considerado BT. En el presente proyecto se analizará la normativa referente a BT.

La norma proporciona niveles de compatibilidad y planificación de voltajes armónicos en sistemas de BT y MT.

El nivel de compatibilidad se refiere a un nivel donde la afinidad entre el equipo y su ambiente se logra y, normalmente establecido empíricamente para que un equipo sea compatible con su ambiente la mayoría del tiempo.

Los niveles de compatibilidad generalmente son basados en el 95 % de nivel de probabilidad, por ejemplo, para que el 95 % del tiempo la compatibilidad se pueda lograr.

Los niveles de planificación son criterios del plan o niveles especificados por la compañía de suministro y, son más severos que los niveles de compatibilidad.

- IEEE 519:1992. Enfoque conjunto empresas y clientes para limitar impacto de cargas no lineales.

La norma representa un consenso general de pautas y prácticas recomendadas por los distribuidores y sus clientes en un esfuerzo por minimizar y controlar el impacto de armónicos generados por cargas no lineales.

La filosofía es limitar la inyección armónicos de los clientes individuales de manera que no creen voltajes inaceptables de distorsión bajo las características normales del sistema y, limitar la distorsión armónica total del voltaje proporcionado por el proveedor.

Los límites de distorsión de voltaje y corriente deben usarse como valores de diseño de los sistemas eléctricos para el peor de los casos, en condiciones de operación normales que duran más que 1 hora. Para períodos más cortos, como los arranques, los límites pueden ser excedidos en un 50 %.

Este estándar divide la responsabilidad de limitar las armónicas entre los usuarios finales y las empresas de distribución.

Los usuarios finales serán responsables de limitar las inyecciones de corrientes armónicas, mientras que los proveedores serán principalmente responsables de limitar la distorsión de voltaje en la red de distribución.

Los límites de corriente y voltaje armónicos para este estándar son analizados en el PCC1, punto donde otros clientes comparten la misma red o donde pueden conectarse nuevos clientes en el futuro.

La norma busca un acercamiento justo de asignación de cuota de límite de armónicos para cada cliente y asigna límites de la inyección de corriente basados en el tamaño de la carga con respecto al tamaño del sistema de potencia, este límite está definido por su capacidad de cortocircuito.

La relación de cortocircuito está definida como la proporción de corriente de cortocircuito máximo en el PCC para la máxima demanda de corriente de carga (componente de frecuencia fundamental) en el PCC.

La base para limitar las inyecciones armónicas de los clientes individuales es evitar niveles inaceptables de distorsiones de voltaje, por lo tanto, los límites de corriente se establecen de tal manera que, las inyecciones armónicas totales para cada cliente individual no excedan la distorsión de voltaje máxima.

En cargas más pequeñas, valores con relación de cortocircuito típicamente más grande, está permitido un porcentaje mayor de corrientes armónicas que en las cargas más grandes, las cuales poseen valores menores de relación de cortocircuito, por lo tanto, las cargas más grandes deben ser sometidas a límites más estrictos de distorsión dado que ocupan una porción más grande de la capacidad de carga de sistema.

Los límites de corriente tienen en cuenta la diversidad de corrientes armónicas, ya que algunas tienden anularse mientras otras se suman.

Los límites de corrientes armónicas en el PCC son establecidos para limitar voltajes individuales y totales de distorsión (THDv).

La distorsión de voltaje depende la impedancia del sistema, por lo tanto, la clave de controlar la distorsión de voltaje es controlar la impedancia.

Dos situaciones que se pueden dar con una impedancia alta son que, el sistema será demasiado débil para alimentar la carga adecuadamente o, el sistema estará en resonancia. Este último caso es el más común.

Por consiguiente, si el voltaje de distorsión se mantiene en valores reducidos, aseguramos que el sistema esté alejado de la resonancia y, ocasionalmente nuevos transformadores y líneas tendrán que ser agregadas para incrementar la robustez del sistema.

- UNE-EN-61000-2-2: Compatibilidad electromagnética, entorno, niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y transmisión de señales en las redes públicas de alimentación de BT.

Los niveles de compatibilidad están definidos empíricamente de modo que reducen el número de demanda de mala operación a un nivel aceptable. Estos niveles, no son rígidos y puede excederse en algunas condiciones.

Los niveles de compatibilidad para voltajes armónicos individuales en redes de baja tensión son determinados en porcentaje del voltaje fundamental.

- Importancia de los armónicos de tensión

THDv > 8%: contaminación importante, posible funcionamiento defectuoso, análisis y uso de dispositivos atenuadores.

Si  $5\% < \text{THDv} < 8\%$ : contaminación significativa, pueden existir funcionamientos defectuosos.

Si  $\text{THDv} < 5\%$ : se considera situación normal.



- Importancia de los armónicos de corriente

THDi > 50%: contaminación importante, posible funcionamiento defectuoso, análisis y uso de dispositivos atenuadores.

Si  $10\% < \text{THDi} < 50\%$ : contaminación significativa, pueden existir funcionamientos defectuosos.

Si  $\text{THDi} < 10\%$ : se considera situación normal.

- Armónicos de orden 3 superiores al 50%, van por el neutro y dan lugar a fuertes calentamientos.
- Armónicos de orden 5 y 7 superiores al 40%, perturban baterías de condensadores y receptores sensibles.
- UNE-EN-61000-2-4: Compatibilidad electromagnética, entorno, niveles de compatibilidad en las instalaciones industriales de potencia, BT o MT, a 50 o 60 Hz.
- Niveles de compatibilidad para diferentes entornos electromagnéticos.
- Clase 1: redes protegidas con niveles de compatibilidad más bajos que en redes públicas.
- Clase 2: entorno industrial en general. Niveles iguales que en redes públicas.
- Clase 3: entorno industrial severo.

Para adecuar los valores de estas perturbaciones armónicas a los permitidos por la normativa, se usan los denominados Filtros de Armónicos según la Norma EN 61642.

Los tipos de Filtros de Armónicos pasivos usados en la práctica industrial son:

- **Filtros de Rechazo.**

- Oponen una impedancia muy elevada a las corrientes armónicas de una determinada frecuencia, limitando su valor.
- Se conectan en serie con el circuito que deben de proteger.
- Se suelen usar para protección de condensadores de equipos de compensación de reactiva.
- Desplazar la resonancia en paralelo para alejarla del residuo armónico.
- Es aconsejable su uso cuando el THD de la tensión de red supera un 2,5 a 3%. Norma EN 50160 indica el valor límite de  $\text{THD}_v < 8\%$ .
- Los filtros de rechazo se especifican haciendo referencia al llamado factor de sobretensión,  $p\%$ , que da la relación entre la tensión de la reactancia ( $L_s$ ) y la del condensador, y fija la frecuencia propia de resonancia del conjunto.

- El factor p% del filtro, en redes industriales trifásicas, en donde predomina el 5º armónico, suelen usarse filtros con  $p = 7\%$  (resonancia filtro a 189 Hz, en redes de 50 Hz).
- En redes con mucha presencia de cargas monofásicas, la Norma EN 61642, aconseja elegir frecuencias propias más bajas, usando filtros con  $p = 14\%$  (resonancia del filtro a 134 Hz en redes de 50 Hz)
- **Filtros de Absorción.**
  - Presentan un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas, evitando que lleguen al resto del sistema.
  - Se conectan en paralelo con el circuito que deben de proteger.
  - Se usan para proteger a aparatos y máquinas.
  - Son asociaciones de bobinas y condensadores (ramas LC), que entran en resonancia a la frecuencia de los armónicos de corriente que se quiere eliminar.
  - Se comportan como cortocircuitos para los armónicos deseados.
  - Suelen componerse de varios grupos LC, uno para cada armónico a filtrar.
  - Cada grupo se puede fraccionar en otros menores, (pasos), que tienen dos parámetros: Orden del Armónico y Corriente Máxima de Armónico.
  - Si es de Primer Orden, estarán formados por la asociación serie de bobina y condensador.
  - Si es de Segundo Orden, se parte de los de primer orden, conectando una resistencia en paralelo con la bobina.

La Norma UNE-EN-61642 se refiere a redes industriales de corriente alterna afectadas por armónicos y, concreta el empleo de filtros y de condensadores a instalar en paralelo en Armónicos  $> 1$  y  $< 25$ .

Esta norma define las siguientes magnitudes y elementos utilizados para el cálculo de filtros pasivos:

- Armónico característico: Son los producidos por convertidores estáticos. El Orden de armónicos de convertidores ca/cc se calcula con la siguiente expresión:  $h = m \times p \pm 1$ , en donde p son los pulsos del convertidor y m cualquier entero.
- Armónico no característico: Producidos como resultado de desequilibrios en la red de alimentación de ca, o provocados por elementos no lineales como: variadores de frecuencia, lámparas fluorescentes, hornos de arco, máquinas de soldadura.

- Filtro: Equipo constituido por reactancias y condensadores, sintonizado de manera que presenta una  $Z$  conocida en un rango de frecuencias.
- Frecuencia de sintonía: Frecuencia para la que la  $Z$  del filtro tiene un valor máximo o mínimo.
- Filtro sintonizado: Filtro cuya frecuencia de sintonía no difiere en más del 10% de la frecuencia que se ha de filtrar.
- Filtro desintonizado (condensador con reactancia-antiarmónicos): Filtro cuya frecuencia de sintonía es inferior al menos un 10% respecto a la primera frecuencia del armónico que presenta una amplitud importante en corriente o tensión.

En las redes industriales hay generadores, líneas, transformadores y cargas. La  $Z$  en un punto de las redes industriales depende de: la frecuencia, los componentes y la configuración de estos.

Una simplificación de la red atendiendo a la UNE-EN-61642 es la que se indica en la siguiente figura.

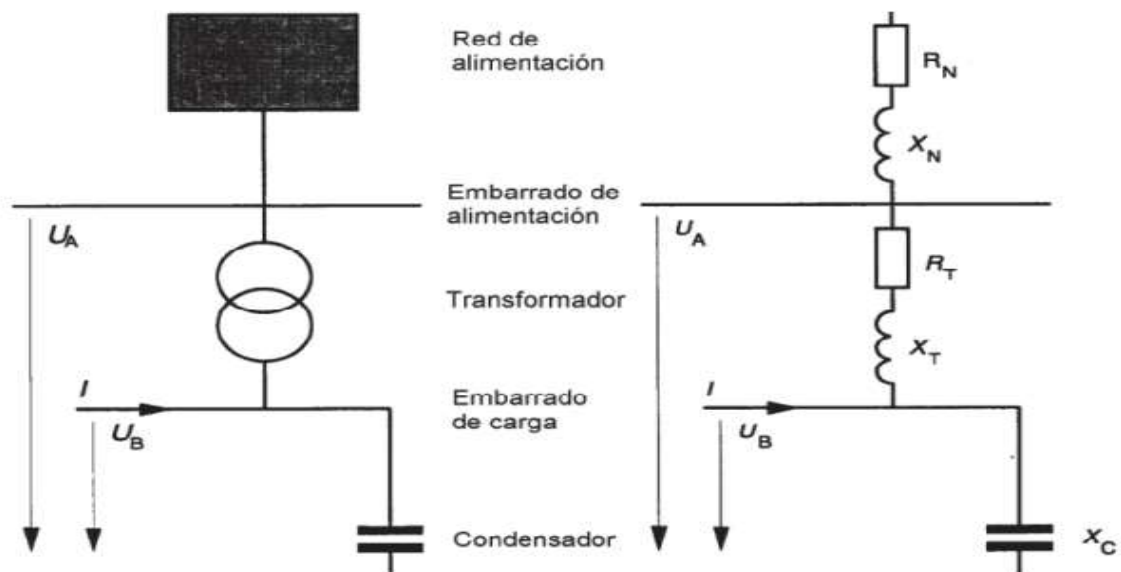


Figura 1.14.7.4 – Simplificación de la red (Apuntes de GEEE)

La impedancia vista desde el lado de la fuente de alimentación en el análisis de cargas capacitivas e inductivas bajo tensiones y corrientes armónicas, y cálculo de la impedancia a frecuencias de mando y control de la red, Resonancia Serie.

La impedancia vista desde los embarrados del lado de carga en el análisis de cargas capacitivas e inductivas en presencia de corrientes armónicas en los embarrados del lado de carga que provoquen tensiones armónicas en los mismos, Resonancia Paralelo.

El fenómeno de resonancia se produce cuando  $X_L = X_C$  en un circuito donde hay colocados en serie o en paralelo cargas no lineales, condensadores, y cargas inductivas.

La frecuencia para la cual los valores  $X_L$  y  $X_C$  se igualan, se denomina frecuencia de resonancia  $f_R$ .

Las dos impedancias son función de la frecuencia ( $f$ ), pero  $X_L$  es directamente proporcional a la frecuencia y  $X_C$  es inversamente proporcional a la frecuencia. Por lo tanto, cuando aumenta la frecuencia, aumenta  $X_L$  y disminuye  $X_C$ .

Por lo general en las instalaciones industriales los condensadores están situados en paralelo. Al funcionar esta configuración como un divisor de corriente y ser  $X_C$  el valor más pequeño, la intensidad pasa principalmente por los condensadores, siendo esta la razón por la que fallan los condensadores.

Se produce resonancia en un circuito en paralelo cuando la corriente resultante y la tensión de la línea están en fase. En el circuito (L - C) paralelo, cuando a una determinada frecuencia de resonancia ( $W_R = 150$  Hz, frecuencia del 5º armónico) el circuito es inductivo ( $W < W_R$ ), la corriente esta retrasada con respecto a la tensión, por el contrario, si el circuito es capacitivo ( $W > W_R$ ), la corriente está adelantada con respecto a la tensión.

En el circuito L - C, la corriente resultante de la "L" (bobinas...) es igual a la corriente resultante de la "C" (condensadores...) pero de signo contrario, por lo que, la suma algebraica y vectorial de ambas da como resultado que la corriente resultante sea cero y, la impedancia su valor máximo (al revés que sucede en el circuito serie).

En estas circunstancias la corriente en ambas ramas L - C se hace extremadamente altas, con el consiguiente peligro para el condensador, por tener la  $X_C$  el valor más bajo el todo el circuito.

Por este motivo surge la necesidad de proteger los condensadores cuando están instalados en paralelo en circuitos con un alto contenido de armónicos.

Cuando la instalación industrial con alto contenido de armónicos posee transformador de potencia (Media / Baja) para su suministro, es necesario que los condensadores de compensación del transformador instalados en la parte de baja estén protegidos igualmente de la presencia de armónicos.

Las soluciones para evitar las resonancias son:

- Se mantiene la frecuencia de resonancia tan lejos como sea posible de las frecuencias armónicas de amplitudes considerables.
- La solución más usada es conectar una reactancia en serie con el condensador, sintonizados a una frecuencia de resonancia serie inferior a la frecuencia más baja de las frecuencias de tensiones y corrientes presentes en la red.

- Por debajo de la frecuencia de sintonía, el comportamiento es capacitivo y por encima es inductivo.

#### 1.14.8 Pérdidas en las líneas eléctricas

En líneas generales la **potencia eléctrica** se define como “la capacidad que tiene un equipo eléctrico para realizar un trabajo o la cantidad de trabajo que realiza por unidad de tiempo”.

Su unidad de medida es el vatio (W) y sus múltiplos más empleados son el kilovatio (kW) y el megavatio (MW), mientras el submúltiplo corresponde al milivatio (mW).

Sin embargo, en los equipos que funcionan con corriente alterna cuyo funcionamiento se basa en el electromagnetismo, generando sus propios campos magnéticos (transformadores, motores, etc.) coexisten tres tipos diferentes de potencia:

- Potencia Activa (P).
- Potencia Reactiva (Q).
- Potencia Aparente (S).

Estos tres tipos de potencias se pueden relacionar mediante un triángulo de potencias. El ángulo “ $\varphi$ ” formado entre la potencia aparente y la potencia activa define el desfase entre la tensión (U) y la intensidad (I) y su coseno es equivalente al factor de potencia (FP) en redes sin distorsión armónica.

El **factor de potencia** (FP) es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) y está determinado por el tipo de cargas conectadas a la instalación, siendo las cargas resistivas las que tienen un factor de potencia próximo a la unidad. Al introducir cargas inductivas y reactivas, el factor de potencia varía retrasando o adelantando la fase de la intensidad respecto a la de la tensión. Ese desfase es el que mide el factor de potencia.

La **potencia activa** representa en realidad la potencia útil medida en vatio (W), es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando se pone a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria, la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico, la luz que proporciona una lámpara, etc.

Por otra parte, la potencia activa es realmente la potencia contratada en la empresa eléctrica y que llega al domicilio, la industria, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red eléctrica de distribución. La potencia consumida por todos los aparatos eléctricos utilizados normalmente se registra en contadores o medidores de electricidad, que instala la empresa suministradora para medir el total de la energía eléctrica consumida en el periodo de tiempo determinado en el contrato.

La **potencia reactiva** es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la eficiencia de su trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia (más alejado de la unidad) mayor será la potencia reactiva consumida.

Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica, por lo que su consumo está penalizado por la compañía suministradora en la tarifa eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR y su múltiplo es el kVAR (kilovoltio-amperio-reactivo).

La **potencia aparente** o potencia total es la suma, según el teorema de Pitágoras, de la potencia activa y la reactiva. Estas dos potencias representan la potencia total que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas.

Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los consumidores, es decir, hasta los hogares, fábricas, industrias, etc. Su unidad de medida es el VA.

Los **problemas** ocasionados por la Energía Reactiva son:

- **Incremento de las pérdidas en los conductores.**
  - Calentamiento de conductores, acelerando el deterioro de los aislamientos reduciendo la vida útil de los mismos y pudiendo ocasionar cortocircuitos.
  - Disminución de la capacidad de la REE, al tener que generar una electricidad extra que compense las pérdidas.
  - Calentamiento en los bobinados de los transformadores de distribución.
  - Disparo de las protecciones sin una causa aparente.
  - Pérdidas por efecto Joule:

$$P_{\text{PÉRDIDAS}} = n * I^2 * R \quad (1.14.8.1)$$

En donde:

n: número de fases activas.

I: intensidad de corriente que atraviesa el conductor en Amperios (A).

R: resistencia óhmica del conductor en Ohmios ( $\Omega$ ).

La reducción de pérdidas en instalaciones de distribución y transporte es un factor importante en la valoración económica de una instalación, ya que estas pérdidas representan un coste económico oculto.

- **Sobrecarga de transformadores y generadores.**

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia origina que generadores y transformadores trabajen con cierto grado de sobrecarga, reduciendo así su vida útil al sobrepasar sus valores de diseño.

- **Aumento de la caída de tensión.**

La circulación de corriente a través de un conductor eléctrico produce una caída de tensión definida por la Ley de Ohm.

El aumento de la intensidad de corriente debido al bajo factor de potencia producirá una mayor caída de tensión, resultando un insuficiente suministro de potencia a las cargas en el consumo, reduciendo las cargas su potencia de salida.

Los **beneficios** de compensar la Energía Reactiva son:

- **Disminución de las pérdidas por efecto Joule.**

Si se sustituye la expresión de la intensidad de corriente en función de la potencia activa en la fórmula de las pérdidas por efecto Joule, se obtiene:

$$\left(\frac{\text{Pérdidas}_f}{\text{Pérdidas}_i}\right) = \left(\frac{\cos \varphi_i}{\cos \varphi_f}\right)^2 \quad (1.14.8.2)$$

En donde:

Pérdidas<sub>i</sub>: las pérdidas iniciales.

Pérdidas<sub>f</sub>: las pérdidas finales.

$\cos \varphi_i$ : el factor de potencia inicial.

$\cos \varphi_f$ : el factor de potencia final.

- **Disminución de la caída de tensión en las líneas de distribución.**

En el proceso de transporte de la energía eléctrica se produce una caída de tensión, ya que la corriente debe vencer la impedancia eléctrica propia del conductor (Z).

La caída de tensión se determina mediante la ley de Ohm y es igual al producto de la intensidad de corriente por la resistencia, luego al sustituir la intensidad demandada por la potencia conectada al suministro se obtiene:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{activa}} * Z}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{\text{cte}}{\cos \varphi} \rightarrow \frac{\Delta U_f}{\Delta U_i} = \frac{\cos \varphi_i}{\cos \varphi_f} \quad (1.14.8.3)$$

En donde:

$\Delta U$ : la caída de tensión en la línea.

$U$ : la tensión de distribución.

$Z$ : la impedancia del conductor.

- **Aumento de la capacidad de la red eléctrica.**

Considerando todo lo que se produce como extra para contrarrestar las pérdidas, si se compensara el factor de potencia, parte de ese extra podría utilizarse para suministrar electricidad en el consumo.

Consultando el histórico de consumos y pérdidas, se observa como la capacidad de la Red Eléctrica Española aumentaría 0,5 %, que sería suficiente para abastecer a Ceuta y Melilla durante algo más de dos años.

El **ahorro** económico por la compensación de la Energía Reactiva.

La compensación de reactiva no sólo reporta ventajas técnicas, sino también económicas. Desde enero de 2010 las empresas con un contrato superior a 15 kW, lo cual incluye prácticamente a cualquier negocio, desde una pequeña tienda a una gran industria, pueden estar sufriendo importantes incrementos en el importe de su factura eléctrica.

Esto se debe a un cambio legislativo, publicado el 31 de diciembre de 2009 en el BOE, que busca impulsar la eficiencia energética a través de un uso más responsable de la energía en las empresas.

Con las nuevas tarifas, cualquier instalación que disponga de equipamientos tan básicos como máquinas de hornos o lámparas fluorescentes, es susceptible de estar sufriendo importantes recargos en concepto de energía reactiva. Esta modificación ha provocado que usuarios que hasta ahora no pagaban por el consumo de energía reactiva, observen como este concepto se dispara en su factura de energía eléctrica a partir de enero 2010.

Como es lógico, esta nueva legislación afecta especialmente a las industrias en las que se utilizan tanto transformadores, motores y en general distintos receptores industriales que necesiten crear campos magnéticos para su funcionamiento.

La compensación de la Energía Reactiva se realiza mediante la instalación en la red eléctrica de baterías de condensadores eléctricos, los cuales generan cargas capacitivas que contrarrestan las pérdidas reactivas de la instalación.

Los **bancos en celda** son módulos de compensación reactiva en MT para instalaciones industriales y estaciones transformadoras, prearmados en celdas metálicas para interior o intemperie, con ventilación natural o forzada.



Fijos o automáticos. Bancos fijos para la compensación de grandes motores y compensación fija de barras de MT, con protección mediante fusibles de alto poder de corte.

Estos equipos están diseñados para compensar la energía reactiva en instalaciones que no requieren regulación automática, como puede ser la compensación de transformadores en Media Tensión.

Con la conexión del condensador en bornes del transformador compensamos las pérdidas en vacío y descargamos la instalación aguas arriba aumentando la potencia activa disponible en el secundario del transformador.

**Bancos automáticos en una o más etapas**, con condensadores trifásicos, operados con contactores de vacío con base portafusibles ACR integrada. Bancos de tensiones superiores con condensadores monofásicos en estrella simple o doble, maniobra por interruptores de vacío o combinación de llaves de vacío y fusibles de alto poder de corte, seccionamiento y puesta a tierra, reactancias limitadoras de corrientes de conexión, transformadores de medida, relés de protección y otros accesorios de acuerdo con requerimientos de cada proyecto en particular.

Las baterías automáticas de condensadores de Media Tensión están normalmente destinadas a la compensación de energía reactiva en aquellas aplicaciones en la que los niveles de potencia de red de Media Tensión sean variables.

Las baterías de condensadores de Media Tensión necesitan protecciones contra cortocircuitos, debido a fallo interno, mediante fusibles con indicadores de fusión o con interruptores de corte asociado a un relé de desequilibrio en baterías de doble estrella colocado en la unión de los puntos neutros.

#### **Protección de condensadores mediante fusible interno.**

Los condensadores de alta tensión modernos son sometidos a muy altos requerimientos de aislamiento. Un condensador está formado por varias unidades de condensadores o elementos condensador, y la finalidad de una protección interna adecuada de los condensadores es desconectar, ante un posible fallo, la unidad defectuosa, antes de que se produzcan consecuencias peligrosas, reduciendo así los posibles efectos secundarios del fallo.

La Norma IEC 60871-4 se aplica a los fusibles internos que están diseñados para aislar los elementos con falta de un condensador, con el propósito de permitir la operación de las restantes partes de esta unidad de condensador y de la batería en la que la unidad está conectada. Estos fusibles no son un sustituto de un aparato de conmutación como un interruptor automático o de una protección externa de la batería de condensadores.

En caso de defecto en un elemento capacitivo básico, se produce una descarga de los elementos sanos en paralelo sobre el averiado. Esta descarga provoca la fusión inmediata del fusible interno de la unidad dañada, permitiendo así la continuidad de servicio del resto del equipo.

Este sistema presenta una serie de ventajas que se clasifican en dos grupos:

- **Ventajas operativas.**

- Desconexión inmediata del elemento dañado.
- Mínima generación de gases en el interior del condensador.
- Continuidad de servicio. La eliminación de la unidad dañada permite la continuidad de servicio del equipo.
- Posibilidad de planificación del mantenimiento de la batería.
- Mantenimiento más sencillo

- **Ventajas de diseño.**

- Optimización de los costes de la batería.
- Utilización de menos condensadores por batería.
- Reducción del tamaño de las envolventes de la batería.
- Condensadores de mayor potencia.

La **protección** por corriente de **desequilibrio de neutro** se realiza con:

- **Conexión simple estrella.**

Este esquema de protección se basa en la variación de impedancias de una de las fases al ocurrir un fallo en uno de los condensadores. Cuando esto ocurre, fluye una corriente de desequilibrio por la conexión entre el neutro del banco y tierra, a la cual está conectado el primario de un transformador de corriente con un único núcleo de medición, cuyo secundario alimenta a su vez a un relé de sobrecorriente (con rechazo de corrientes armónicas). Este tipo de protección se emplea en bancos de gran potencia en Alta Tensión.

La variación de impedancia en bancos fabricados con condensadores sin fusibles internos se produce por la actuación de un fusible externo. En este caso la impedancia aumenta en la fase con unidades fuera de servicio en forma proporcional a la cantidad de estas.

En bancos constituidos por condensadores con fusibles internos, la actuación de éstos también da como resultado un aumento de la impedancia en esa rama, aunque en este

caso dicha variación es mucho menor, porque los demás elementos internos de ese condensador continúan funcionando. Por consiguiente, el ajuste de la protección debe discriminar variaciones de corriente de desequilibrio mucho menores.

En algunos casos es conveniente disponer de un amperímetro que en todo momento mida la corriente de desequilibrio de base, de modo que podamos observar variaciones que puedan dar indicios prematuros de algún inconveniente en el banco.

En otros casos se puede optar por una protección con un primer escalón de alarma y un segundo escalón de desconexión.

En todos estos casos es conveniente contactar con el Departamento Técnico de la empresa para determinar el cálculo de ajuste de protecciones, especificando el número total de unidades, las características de cada condensador, el TI y el relé disponibles.

- **Conexión doble estrella con neutro aislado.**

Este esquema de protección se basa en la variación de impedancias de una de las fases de una de las estrellas del banco al ocurrir un fallo en alguno de los condensadores. Cuando esto ocurre fluye una corriente de desequilibrio por la conexión entre los neutros de las estrellas, sobre la cual se conecta el primario de un transformador de corriente con un único núcleo de medición, cuyo secundario alimenta a su vez a un relé de sobrecorriente.

Este tipo de protección se emplea en casi todos los bancos de MT de mediana y gran potencia, particularmente los instalados en subestaciones.

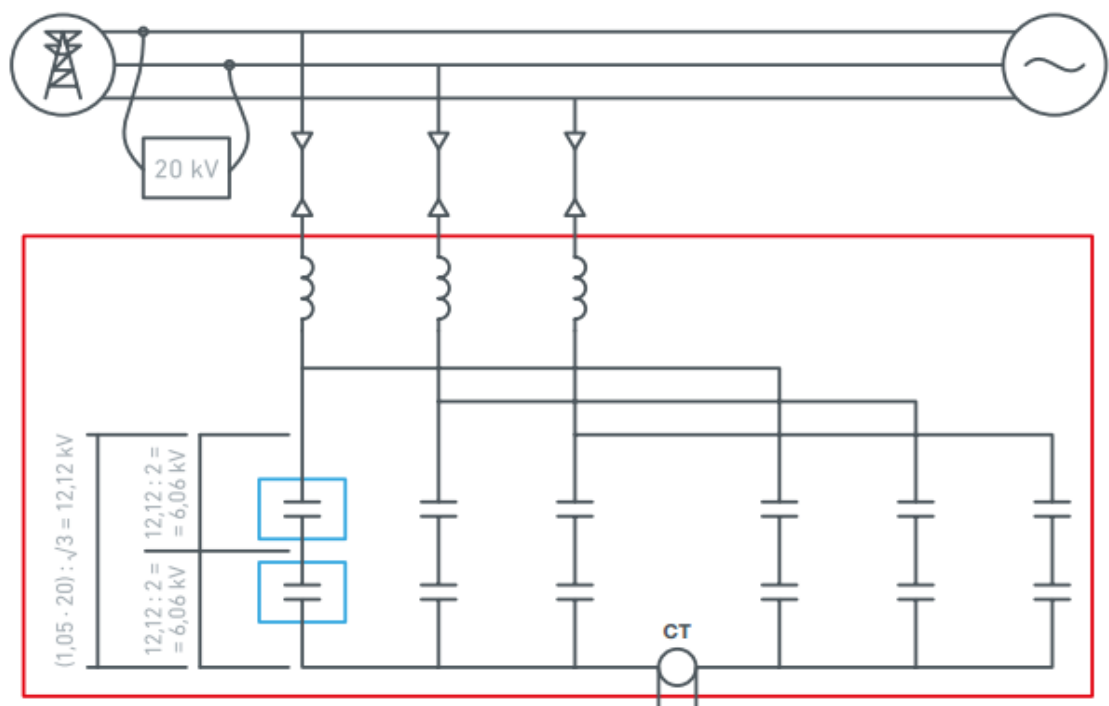


Figura 1.14.8.1 – Batería de condensadores en red de 36 kV (Catálogo Circutor)

La variación de impedancia en bancos con condensadores sin fusibles internos se produce por la actuación de un fusible externo. En este caso la impedancia aumenta en la fase con unidades fuera de servicio, en forma proporcional a la cantidad de estas.

En los bancos fabricados con condensadores con fusibles internos, la actuación de uno de éstos también ocasiona un aumento de la impedancia en esa rama, aunque en este caso dicha variación es mucho menor, ya que los demás elementos de ese condensador continúan funcionando. Por consiguiente, el ajuste de la protección debe discriminar variaciones de corriente de desequilibrio mucho menores.

En algunos casos es conveniente disponer de un amperímetro que en todo momento mida la corriente de desequilibrio de base, de modo que podamos observar variaciones que puedan dar indicios prematuros de algún inconveniente en el banco.

En otros casos se puede optar por una protección con un primer escalón de alarma y un segundo escalón de desconexión.

En todos estos casos es conveniente contactar con el Departamento Técnico de la empresa para determinar el cálculo de ajuste de protecciones, especificando el número total de unidades, las características de cada condensador, el TI y el relé disponibles.

#### ❖ **Filtros de armónicos** para media tensión.

Las cargas no lineales tradicionales, tales como hornos de arco y de inducción, reactores saturables, sumado al gran desarrollo de la tecnología de control por medio de equipamiento electrónico de potencia controlado por tiristores, ha llevado a un incremento significativo de la cantidad de cargas no lineales en el sistema.

Desafortunadamente las cargas no lineales, tienen efectos indeseables en el suministro de corriente alterna requiriendo una cantidad importante de potencia reactiva inductiva con una corriente senoidal.

La red necesita estar libre de esta distorsión armónica para prevenir el funcionamiento inadecuado de los equipos.

La **reactancia de filtrado de armónicos** permite resolver los inconvenientes derivados de la existencia de armónicos en una instalación y, por tanto, todos los aspectos anteriormente mencionados.

Para poder definir de forma adecuada el equipo a instalar, es necesario realizar un completo estudio de armónicos en tensión e intensidad. Las reactancias son anti-resonancia y se conectan en serie con los diferentes pasos de condensadores que componen el banco.

La baja impedancia de la frecuencia del sistema 50Hz (o 60Hz) y la alta impedancia de la frecuencia armónica existente permite proteger al condensador de fenómenos resonantes y otros fenómenos negativos provocados por los armónicos.

La conexión de baterías de condensadores lleva asociado transitorios de tensión y corriente elevados, por eso tiene una gran importancia la instalación de reactancias de choque para baterías de condensadores de MT. La Norma internacional IEC 60871-1 define el valor máximo que una batería de condensadores es capaz de soportar como valor de pico de conexión. Este valor de pico debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.

Dicha corriente transitoria que aparece en la conexión proviene básicamente por parte de la red y de otras baterías de condensadores conectadas en paralelo. El valor de la inductancia es variable en función de las condiciones de la instalación, dependiendo básicamente de los siguientes parámetros:

- Poder de cortocircuito de la instalación.
- Existencia de más baterías de condensadores o escalones en paralelo.

La reactancia de filtrado de armónicos puede ser:

- **Reactancia de filtrado de armónicos en núcleo de hierro.**

Las reactancias con núcleo de hierro son usadas principalmente donde el espacio es limitado. En algunos casos suponen, además, una solución más económica que su correspondiente con una reactancia de núcleo de aire.

Los materiales empleados para la fabricación de estas reactancias son de excelente calidad permitiendo una alta linealidad, bajas pérdidas y alta eficiencia. El barnizado se realiza al vacío para garantizar un funcionamiento silencioso y resistente a la humedad.

- **Reactancias de filtrado de armónicos de núcleo de aire**

De forma análoga a las reactancias anteriores, sirven para evitar los problemas derivados de la existencia de armónicos en una instalación cuando se ha de instalar un banco de condensadores.

Estas reactancias tienen unas características eléctricas similares a las anteriores de núcleo de hierro. Estos reactores compensan la falta de material magnético con más vueltas en las bobinas, es por ello por lo que las dimensiones son considerablemente superiores a las de núcleo de hierro.

Ya que al tener el núcleo de aire es muy difícil llegar a la saturación, estos reactores presentan una excelente linealidad, manteniendo la misma inductancia independientemente de la intensidad.

Las reactancias con núcleo de aire pueden ser usadas de forma independiente o montadas una encima de otra.

Las **reactancias limitadoras de corriente**, para aplicaciones hasta 34,5 kV, se usan para amortiguar los picos de corriente transitorios, en nuestro caso y más habitual, en la conexión del condensador, en los que durante el proceso de conexión se produce un importante pico de corriente.

Cuando estas reactancias se conectan en serie con un banco de condensadores, previenen el pico de corriente, así como protegen al resto de equipos de verse afectados por esta elevada intensidad.

Además, la impedancia proporcionada por estas reactancias puede ser usada para reducir la intensidad de cortocircuito del sistema, permitiendo usar interruptores de baja capacidad.

Las reactancias tienen una alta linealidad, bajas pérdidas y alta eficiencia.



Figura 1.14.8.2 – Batería automática CP254 (Catálogo Schneider Electric)

### 1.15 PLANIFICACIÓN

Considerando las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades del servicio, se estima en 14 meses, una vez el inicio de estas, como el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se describen en el presente Proyecto de Ejecución.

A continuación, se establece un plan orientativo mediante un Diagrama de Gantt, donde se indica la duración de las actividades a ejecutar en la obra en relación con el tiempo:

Actuaciones	Semanas																						
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	62	
Permisos Oficiales y Particulares																							
Legalizaciones																							
Obra civil de MT, BT y Alumbrado																							
Colocación del CS																							
Colocación de los CT																							
Tendido de MT, BT y Alumbrado																							
Colocación de los CS y las CGP																							
Soportes y luminarias																							
Cuadros de Alumbrado																							
Conexión de BT																							
Conexión de MT																							
Pruebas de ensayo																							
Puesta en Marcha																							

Tabla 1.15.1 – Planificación de la ejecución del proyecto

### **1.16 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS**

En relación con las posibles discrepancias que puedan surgir entre los documentos básicos del presente proyecto durante la ejecución de la obra, el orden de prioridad es el mismo que indica la norma UNE 157001 si no se especifica otra cosa, sin más consideraciones que aportar, es decir:

1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.



**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXOS**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXOS**

	Páginas
<b>2 ANEXOS</b> .....	217
2.1 ANEXO 1: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA .....	218
2.2 ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN .....	223
2.2.1 Objeto .....	225
2.2.2 Alcance .....	225
2.2.3 Descripción de la instalación .....	225
2.2.4 Cálculos .....	228
2.2.5 Resultados finales .....	263
2.3 ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	323
2.3.1 Objeto .....	325
2.3.2 Alcance .....	325
2.3.3 Descripción de la instalación .....	325
2.3.4 Cálculos .....	327
2.3.5 Resultados finales .....	341
2.4 ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	343
2.4.1 Objeto .....	345
2.4.2 Alcance .....	345
2.4.3 Descripción de la instalación .....	345
2.4.4 Cálculos .....	348
2.4.5 Resultados finales .....	369
2.5 ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	372
2.5.1 Objeto .....	374
2.5.2 Alcance .....	374
2.5.3 Descripción de la instalación .....	374
2.5.4 Cálculos .....	378
2.5.5 Resultados finales .....	392
2.6 ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO .....	395

2.6.1	Objeto .....	397
2.6.2	Alcance .....	397
2.6.3	Descripción de la instalación .....	397
2.6.4	Cálculos .....	400
2.6.5	Resultados finales .....	431
2.7	ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	470
2.7.1	Objeto .....	472
2.7.2	Alcance .....	472
2.7.3	Descripción de la instalación .....	472
2.7.4	Cálculos .....	474
2.7.5	Resultados finales .....	518
2.8	ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	524
2.8.1	Objeto .....	526
2.8.2	Alcance .....	526
2.8.3	Descripción de la instalación .....	527
2.8.4	Cálculos .....	530
2.8.5	Resultados finales .....	581
2.9	ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	589
2.9.1	Memoria .....	591
2.9.2	Pliego de condiciones .....	616
2.9.3	Planos de seguridad .....	627
2.9.4	Mediciones .....	637
2.9.5	Presupuesto .....	647
2.10	ANEXO 10: CATÁLOGOS .....	681
2.10.1	Prysmian .....	684
2.10.2	General Cable .....	690
2.10.3	Chint Electrics .....	704
2.10.4	Philips Lighting Spain S.L.U. ....	712
2.10.5	Hispanofil .....	715

2.10.6 Circutor .....	716
-----------------------	-----

## **2 ANEXOS**

El documento Anexos está formado por la documentación que desarrolla, justifica o aclara apartados específicos de la Memoria u otros documentos del Proyecto de Ejecución.

Los anexos servirán para mostrar con detalle cada una de las partes de la instalación eléctrica y, los estudios necesarios que deban incluirse por exigencias legales, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la realización del presente proyecto.

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 1: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

## **2.1 ANEXO 1: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA**

Este anexo incluye una copia de la propuesta inicial de asignación del TFG.

Se añade la propuesta previa realizada por parte del alumno sobre el presente proyecto, donde se detalla el objeto y alcance del Trabajo Fin de Grado.



# ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA


## ASIGNACIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

**En virtud de la solicitud efectuada por:**

*En virtud da solicitude efectuada por:*

**APELLIDOS, NOMBRE:** Morgade Fernandez, Pablo

*APELIDOS E NOME:*

**DNI:**  **Fecha de Solicitud:** OCT2019

*DNI:* *Fecha de Solicitud:*

**Alumno de esta escuela en la titulación de Grado en Ingeniería Eléctrica, se le comunica que la Comisión de Proyectos ha decidido asignarle el siguiente Trabajo Fin de Grado:**

*O alumno de esta escola na titulación de Grado en Enxeñería Eléctrica, comunícaselle que a Comisión de Proxectos ha decidido asignarlle o seguinte Traballo Fin de Grado:*

**Título T.F.G:** Instalaciones eléctricas y de alumbrado público de un polígono industrial.

**Número TFG:** 770G02A219

**TUTOR:** (Titor) Graña Lopez, Manuel Angel

**COTUTOR/CODIRECTOR:**

**La descripción y objetivos del Trabajo son los que figuran en el reverso de este documento:**

*A descrición e obxectivos do proxecto son os que figuran no reverso deste documento.*

*Ferrol a Miercoles, 23 de Outubro del 2019*

Retirei o meu Traballo Fin de Grado o día \_\_\_\_ de \_\_\_\_ do ano \_\_\_\_

*Fdo: Morgade Fernandez, Pablo*



**DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO:**OBJETO:

El objeto de este TFG es el cálculo y diseño de las infraestructuras eléctricas y de alumbrado público necesario para la puesta en funcionamiento del polígono industrial.

**ALCANCE:**

- Diseño y cálculo de la red de Media Tensión.
- Diseño y cálculo de la red de baja tensión.
- Diseño y cálculo de Centros de Transformación.
- Diseño y cálculo del alumbrado público, así como su análisis armónico y mejora de su eficiencia.
- Análisis, cuantificación y mejora de las pérdidas en las líneas eléctricas.

---

**TITULO TFG**

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL.**

**TUTOR:** Graña Lopez, Manuel Angel

**SUPLENTE :**

**Propuesta Nº: 520**

**Titulación: ie**

**Propuesto por el Alumno: Pablo Morgade Fernández**

**Descripción:**

**OBJETO:** El objeto de este TFG es el cálculo y diseño de las infraestructuras eléctricas y de alumbrado público necesario para la puesta en funcionamiento del polígono industrial.

**ALCANCE:** - Diseño y cálculo de la red de Media Tensión. - Diseño y cálculo de la red de baja tensión. - Diseño y cálculo de Centros de Transformación. - Diseño y cálculo del alumbrado público, así como su análisis armónico y mejora de su eficiencia. - Análisis, cuantificación y mejora de las pérdidas en las líneas eléctricas.

---

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

	Páginas
2.2 ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN .....	225
2.2.1 Objeto .....	225
2.2.2 Alcance .....	225
2.2.3 Descripción de la instalación .....	225
2.2.4 Cálculos .....	228
2.2.5 Resultados finales .....	263

## **2.2 ANEXO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

El anexo 2 indica cada una de las partes de la Red de Distribución en Media Tensión, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.2.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de la instalación eléctrica en MT. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.2.2 Alcance**

El alcance del presente anexo es la red de distribución en Media Tensión del polígono industrial Ártabro.

La Red de Media Tensión es un sistema radial pasando por todos los Centros de Transformación y, abarca desde la línea de distribución que comunica el Centro de Seccionamiento con el Centro de Transformación 1, hasta la línea de alimentación que enlaza el Centro de Transformación 3 con el Centro de Seccionamiento, por lo tanto, visualmente sería en forma de anillo. La distribución radial se detalla en el plano Red de Distribución en MT, número 5.

La línea de distribución que alimenta el Centro de Seccionamiento desde la Subestación eléctrica más próxima al polígono industrial es propiedad de la compañía suministradora, UFD, por lo tanto, no forma parte del presente proyecto, su mantenimiento y modificaciones será responsabilidad del suministrador que presta dicho servicio eléctrico.

### **2.2.3 Descripción de la instalación**

La distribución de Energía Eléctrica se efectuará desde la red existente que da servicio a los sectores I, II y III de la Actuación del polígono Río do Pozo. A pesar de usar las infraestructuras que sirven para la distribución de la energía eléctrica de los otros tres Sectores, se debe indicar que dicha conexión eléctrica se realiza con un cable subterráneo que tiene su origen a 10 Km (Kilómetros) del polígono industrial en la subestación eléctrica más cercana de la zona.

El consumo eléctrico de una Actuación Industrial es un problema indeterminado que puede variar entre amplios límites, según el tipo de industria que se instale, su tecnología, su extensión, etc. La relación superficie / consumo es muy distinta si se trata de industrias de talleres y almacenaje o derivadas de la metalúrgica y de la química; depende de la superficie de la parcela, de la reserva de suelo para futuras ampliaciones, de la tensión de alimentación, etc.

Para la fijación de las cargas no se ha optado por las indicaciones que fija el PPAI, criterios y conclusiones acordados en el Seminario sobre temas eléctricos celebrado entre el Ministerio de la Vivienda y UNESA, por contradecir la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”.

Teniendo en cuenta la experiencia de utilización de actuaciones similares a la del proyecto, en zonas geográficas de características comunes, se decide prever que toda parcela cuya demanda de potencia, de acuerdo con su superficie no exceda de 2000 m<sup>2</sup>, solo dispondrá a su frente de acometida de Baja Tensión. Por lo tanto, no formará parte del estudio de este apartado del proyecto y se detallará en el apartado de la red de distribución en baja tensión.

El tipo de distribución de la Red de Media Tensión es un trazado subterráneo, desechando la opción aérea por restricciones urbanísticas del PPAI al tratarse de una zona industrial. Dicha zona industrial, tiene fijada imposiciones legales, además de las urbanísticas, relativas a distancias mínimas de seguridad a respetar respecto a trabajos en altura, la altura de las naves, maniobras con grúas, etc., todas ellas relacionadas con multitud de averías que se podrían ocasionar en un trazado del tipo aéreo.

El trazado subterráneo respecto al aéreo, junto con las ventajas de seguridad relativas a contactos accidentales por trabajos en su zona de influencia, proporciona mayores medidas de seguridad relacionadas con el aislamiento de la línea eléctrica y reduce los mantenimientos correctivos y su actuación. La razón es que, una vez enterrado el conductor, disponemos de todo el terreno sobre el que pueda estar afectado para realizar cualquier actividad, con la excepción de la profundidad donde se sitúa el tendido subterráneo.

El mayor inconveniente que tiene el trazado subterráneo respecto al aéreo es el coste de la instalación, ya que deberíamos sumar un conductor y, un aislamiento, con una mayor sección para transmitir la misma intensidad, trabajos relacionados con la excavación a través de medios mecánicos o manuales y construcción de las zanjas para alojar el conductor.

La construcción de las zanjas acrecienta los inconvenientes si debemos subsanar una avería eléctrica o ejecutar un mantenimiento en la línea eléctrica, ya que es riesgo de accidentes aumenta por la excavación o la limpieza de la zanja. Como norma de seguridad relativa a trabajos de mantenimiento, mejora o avería, cuando se alcance una distancia de 0,5 m al conductor, se procederá a realizar la excavación con medios manuales.

Los conductores de distribución en media tensión estarán directamente enterrados sobre las zanjas y, no bajo tubo, para así reducir la sección del conductor que permita transmitir la misma intensidad y, por consiguiente, disminuir el coste en material, ya que se mejora la disipación del calor a través del terreno en un conductor directamente enterrado en relación con un conductor entubado.

Los conductores de distribución en MT están compuestos por 2 ternos de 240 mm<sup>2</sup> para permitir ampliaciones futuras en el consumo eléctrico de los abonados de las naves industriales, además esta disposición garantizaría el suministro eléctrico a las parcelas ante cualquier fallo en uno de los ternos, ya que por diseño la red de distribución está sobredimensionada, permitiendo que un terno sea capaz de soportar el consumo eléctrico de todo el polígono industrial en caso de avería en la red de suministro. A pesar del inconveniente que presenta un mayor coste de la instalación el uso de 2 ternos en vez de 1, los beneficios son mayores respecto a fiabilidad del servicio o cambios en la demanda eléctrica.

El conductor elegido es el HEPRZ1 12/20 kV, utilizado por la norma Iberdrola. La razón de esta elección se basa principalmente en la temperatura máxima del conductor de 105 °C, que mejora considerablemente los fijados por la norma Gas Natural Fenosa con el conductor RHZ1-20L 12/20 kV que posee una temperatura máxima del conductor de 90 °C. A pesar de que el coste se incrementa con el conductor elegido, prevaleció la opción de seguridad y prestaciones por encima del valor económico.

La red de distribución en media tensión posee un sistema radial, ya que es más económico que el continuo. Además, las 35 naves industriales suponen un número tan reducido de abonados que se pueden ver afectados por un fallo de suministro, que, por lo tanto, no justifica realizar un trazado continuo con líneas independientes desde el centro de seccionamiento para distribuir la energía a cada parcela.

El inconveniente que tiene el sistema de distribución radial, respecto al continuo, es que una avería en la red de MT dejaría sin suministro de energía a todos los centros de transformación aguas abajo del fallo y, por lo tanto, a las naves industriales afectadas por esos transformadores. Aunque por el diseño del centro de seccionamiento, habría la posibilidad de puentear las barras de suministro, para afectar al menor número de abonados, mientras se realizan las tareas necesarias que subsanen el problema.

La previsión de cargas prevista para el polígono industrial es de 2.628,17 kW, dividida en 2.620,24 kW para las naves industriales y 7,93 kW para el alumbrado público.

El factor de potencia de la instalación se fijó en 0,85 teniendo en cuenta la situación más desfavorable en el consumo de las naves industriales y, se desecha el valor que poseen las

luminarias, 0,96, para el cálculo total por el escaso peso que posee la potencia de las luminarias led sobre el conjunto, 0,302%.

La línea de distribución de MT está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de 240 mm<sup>2</sup> en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV, normalizado por Iberdrola, mientras que la tensión (línea) de servicio son 20 kV en distribución trifásica.

Dicha línea de distribución estará directamente enterrada en la mayoría de los tramos, bajo acera, pero pasa estar entubada cuándo debe cruzar la calzada para poder comunicar el CT 6 con el CT 8, o cuando enlaza el CT 3 con el CS. La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie es: 1,62 m bajo calzada según muestra el plano Canalización Bajo Calzada, número 13; y 1,6 m bajo acera como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12.

Esta profundidad cumple la normativa vigente y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

La descripción de la instalación eléctrica de la Red de Distribución en MT se indica con un gran detalle en el apartado 1.14.2 del presente proyecto de ejecución, Red de distribución en media tensión, donde contiene todas las características generales y particulares de cada uno de los elementos que forman parte de la mencionada red eléctrica.

#### 2.2.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales en redes de distribución en MT.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones particulares. Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV, 27 septiembre 2018.



- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20 kV, 8 septiembre 2011.
- KOTHARI, D. P. y I. J. NAGRATH. Sistemas eléctricos de potencia. 3ª ed. México D.F.: McGraw Hill, 2008.
- Apuntes de la asignatura: Transporte de Energía Eléctrica, 2018. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02036.
- UNE 620-9E:2012/1M:2017. Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (Tipos 9E-1, 9E-3, 9E-4 y 9E-5).
- UNE 21144-1-2:1997. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-2:1997. Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
- UNE-EN 60071-2:1999. Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE 211435:2011. Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- La tensión nominal o de servicio será de 20 kV y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- El cálculo de la línea de distribución en MT desde el Centro de Seccionamiento será responsabilidad del proyectista según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora y la ITC 20 del RAT, además de las consideraciones técnicas a tener en cuenta que se indican en otros apartados en el mencionado RAT o en el RLAT.
- La previsión de cargas se realizará de acuerdo con la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un

mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1", además de añadir la potencia de alumbrado público de las 122 luminarias de 65 W calculadas con el DIALux 4.13 según los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI.

- La potencia máxima instalada es 2.628,17 kW (3.091,97 kVA) según se indica en los cálculos descritos en varias tablas eléctricas del presente proyecto.
- La potencia máxima admitida dependerá de la suma de las potencias previstas por diseño en los 8 CT de 400 kVA y, condicionadas por el del calibre de los interruptores de línea, IM, de 400 A que están instalados en cada uno de los CT del presente proyecto, por lo tanto, la instalación eléctrica soporta una potencia máxima admitida de 3200 kVA.
- La caída de tensión máxima admisible es de 5 % según las indicaciones de la empresa suministradora UFD por no existir normativa aplicable en este aspecto para este tipo de redes de distribución.
- La línea de distribución de MT está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de 240 mm<sup>2</sup> en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV.
- La sección de los conductores se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $U_n \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados (cruzamientos en calzada) o directamente enterrados (mayoría de la instalación), como es el caso de las dos distribuciones utilizadas en el presente proyecto, la línea de distribución cumplirá lo que se indica en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $U_n \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El diámetro de los tubos para la línea de distribución se calculará utilizando: normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $U_n \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El factor de potencia de cada receptor de alumbrado será mayor o igual a 0,9 según la ITC-BT-44. En nuestro caso el factor de potencia en alumbrado público es de 0,96 al

considerarse las luminarias led prácticamente como lámparas incandescentes a efectos de cálculo.

El factor de potencia en el resto de la instalación, el conjunto de la red de MT y las naves industriales, será de 0,85 por considerarse el caso más restrictivo y similar al valor indicado de 0,86 por la ITC-BT-40 para el control de la energía reactiva en instalaciones con generadores asíncronos.

- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas por la normativa vigente para este tipo de instalaciones de MT.
- La conductividad del aluminio a efectos de cálculo será  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- Según ITC-BT-10 la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Por lo tanto, en el alumbrado público y en las naves industriales (ITC-BT 10 en su apartado 4.2) el coeficiente simultaneidad será 1.

- El factor de utilización será 1 para alumbrado público y las naves industriales, por lo tanto, toda la instalación eléctrica, por considerar que todos los equipos de BT pueden estar utilizados al mismo tiempo en la situación más desfavorable.
- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor seccionador, IS, del Centro de Seccionamiento y ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de MT.

El **método de cálculo** empleado fue la utilización de la aplicación de software Matlab R2015a como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RLAT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Se empezará a calcular la intensidad de los receptores aguas abajo en el punto más alejado del Centro de Seccionamiento o Centro de Transformación según el caso particular a estudio, que determinará, junto con la sección de los conductores, el calibre de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección si procede.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc. Una vez calculada la intensidad se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor seccionador del CS o los interruptores de línea de los CT según el caso particular a estudio.

- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección normalizados después de aplicar los coeficientes necesarios, según la existencia o no de motores, lámparas de descarga, factor de simultaneidad, factor de utilización, canalización subterránea o aérea, etc.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en las tablas de los fabricantes para el tipo de conductor subterráneo utilizado, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior

normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor seccionador del CS o los interruptores de línea de los CT según el caso particular a estudio.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** necesarias para el diseño de la línea de distribución en Media Tensión y, para facilitar la comprensión de las fórmulas utilizadas realizaremos al mismo tiempo un ejemplo de cálculo de una línea de distribución en este proyecto.

El **ejemplo** de la línea de distribución es la Línea de Alimentación A, que tiene su origen en la Subestación Eléctrica a 10 km del polígono industrial y, finaliza en el Centro de Seccionamiento. Como se indicó anteriormente, el diseño de esta línea de distribución es responsabilidad de UFD por estar aguas arriba del CS.

- **Alcance:** Diseño y cálculo de la red de Media Tensión desde la subestación de parque hasta el centro de seccionamiento, **Línea A**.
- **Solución:** Línea subterránea de 20 kV con subestación de parque.

#### ❖ 1) Datos de Partida.

$V_2 = 20$  kV. Tensión de servicio.

$P = 2,62817$  MW. Potencia según la previsión de cargas.

#### ❖ 2) Suposiciones.

$\cos(\varphi) = 0,85$ . Valor más desfavorable que se puede suponer la instalación eléctrica.

#### ❖ 3) Designación de Circuitos Eléctricos o conductores por fase.

$n = 1$ . Un Circuito Simple.

$n = 2$ . Un Circuito Dúplex.

$n = 3$ . Un Circuito Tríplex.

$n = 4$ . Un Circuito Cuádruplex.

Aunque la corriente de carga no es superior a 400 A, se optó por escoger varios ternos ante posibles ampliaciones futuras del polígono industrial.

El circuito simplex ( $n = 1$ ) se descartó por ampliaciones futuras y, al no poder mantener la fiabilidad del servicio de suministro eléctrico en las naves industriales, si se interrumpe la corriente eléctrica en uno de los ternos.

La solución elegida será un circuito dúplex para así disminuir la corriente que transporta cada conductor ( $n = 2$ ).

#### ❖ 4) Datos de la Instalación de Media Tensión.

- Tensión de servicio.

$$V_{\text{CARGA}} = 20 * 10^3 \text{ V.}$$

- Previsión de cargas de las naves industriales en watios.

$$P_{\text{CARGA\_NAVES}} = 2,62024 * 10^6 \text{ W.}$$

- Suposición del factor de potencia más desfavorable en las naves industriales.

$$FP_{\text{NAVES}} = 0,85.$$

- **Previsión de cargas de las naves industriales en voltiamperios.**

$$S_{\text{CARGA\_NAVES}} = \frac{P_{\text{CARGA\_NAVES}}}{FP_{\text{NAVES}}} \quad (2.2.4.1)$$

En donde:

$S_{\text{CARGA\_NAVES}}$  = Potencia de las naves (VA).

$P_{\text{CARGA\_NAVES}}$  = Potencia de las naves (W).

$FP_{\text{NAVES}}$  = Factor de potencia de las naves.

- Previsión de cargas del alumbrado en watios.

$$P_{\text{CARGA\_ALUMBRADO}} = 7,93 * 10^3 \text{ W.}$$

- Suposición del Factor de potencia de alumbrado al utilizar luminarias led. El valor sería mínimo según indica los datos del fabricante en la hoja de características de la luminaria.

$$FP_{\text{ALUMBRADO}} = 0,96.$$

- **Previsión de cargas del alumbrado en voltiamperios.**

$$S_{\text{CARGA\_ALUMBRADO}} = \frac{P_{\text{CARGA\_ALUMBRADO}}}{FP_{\text{ALUMBRADO}}} \quad (2.2.4.1)$$

En donde:

$S_{\text{CARGA\_ALUMBRADO}}$  = Potencia de alumbrado público (VA).

$P_{\text{CARGA\_ALUMBRADO}}$  = Potencia de alumbrado público (W).

$FP_{ALUMBRADO}$  = Factor de potencia de alumbrado público.

- **Previsión de cargas de la instalación eléctrica en watios**, valor calculado 2.628.170 W.

$$P_{CARGA} = S_{CARGA\_NAVES} * FP_{NAVES} + S_{CARGA\_ALUMBRADO} * FP_{ALUMBRADO} \quad (2.2.4.2)$$

En donde:

$P_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$S_{CARGA\_NAVES}$  = Potencia de las naves (VA).

$FP_{NAVES}$  = Factor de potencia de las naves.

$S_{CARGA\_ALUMBRADO}$  = Potencia de alumbrado público (VA).

$FP_{ALUMBRADO}$  = Factor de potencia de alumbrado público.

- Suposición del Factor de potencia más desfavorable del polígono industrial.

$FP = 0,85$ .

- **Previsión de cargas de la instalación eléctrica en voltiamperios**, valor calculado  $3,09196 * 10^6$  VA.

$$S_{CARGA} = \frac{P_{CARGA}}{FP} \quad (2.2.4.1)$$

En donde:

$S_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (VA).

$P_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$FP$  = Factor de potencia del polígono industrial.

- Suposición del **Ángulo en radianes para el factor de potencia**, theta, valor calculado 0,5548 radianes.

$$\theta_{RAD} = \arccos (FP) \quad (2.2.4.3)$$

En donde:

$\theta_{RAD}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

$FP$  = Factor de potencia del polígono industrial.

- Suposición del **Ángulo en grados para el factor de potencia**, theta, valor calculado  $31,7883^\circ$ .

$$\theta_{GRADOS} = \theta_{RAD} * \frac{180}{\pi} \quad (2.2.4.4)$$

En donde:

$\theta_{\text{GRADOS}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (grados).

$\theta_{\text{RAD}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- Longitud de la línea eléctrica en Km.

$L = 10 \text{ km}$ .

- Designación de Circuitos eléctricos.

$n = 2$ . Un Circuito Dúplex.

- Sección del conductor AL HEPRZ1 según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016. Teniendo en cuenta que la sección menor homologada por la compañía Iberdrola en un cable subterráneo,  $95 \text{ mm}^2$ , no es válida, de igual modo descartamos la sección de  $150 \text{ mm}^2$  por no permitir futuras ampliaciones y ser capaz de transportar la potencia deseada, entonces probaremos con la sección de  $240 \text{ mm}^2$ .

$S = 240 \text{ mm}^2$ .

- **Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$**  según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es  $0,125 \text{ ohmios/km}$  para un turno.

$$R_{LK} = \frac{0,125}{n} \quad (2.2.4.5)$$

En donde:

$R_{LK}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

$n$  = Designación de circuitos eléctricos.

- **Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$**  es  $0,6250 \text{ ohmios}$  para dos turnos.

$$R = R_{LK} * L \quad (2.2.4.6)$$

En donde:

$R$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega$ ).

$R_{LK}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- **Radio interior del conductor es  $14 \text{ mm}$ .** Según el diámetro,  $\varnothing_i$ , nominal aislamiento que indica la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es  $28 \text{ mm}$ .

$$r = \frac{\varnothing_i}{2} \quad (2.2.4.7)$$



En donde:

$r$  = Radio interior del conductor (m).

$\varnothing_l$  = Diámetro nominal aislamiento (m).

- Diámetro exterior del conductor, según el diámetro,  $\varnothing_E$ , nominal exterior que indica la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 36 mm.

$$D_e = 36 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

- El catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 en la página 65 indica 22.560 A como Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor AL HEPRZ1 durante 1 s (A).

$$I_{CC\_FABRICANTE} = 22.560 \text{ A.}$$

- Distancia en metros entre dos ternos o cables tripolares, 250 mm.

$$d = 0,25 \text{ m.}$$

#### ❖ 5) Cálculo de las Intensidades de Carga.

- **Intensidad de carga de un terno de conductores (44,6287 A).** Como la intensidad calculada es una cantidad tan pequeña, ratificamos la elección de escoger la sección homologada por la compañía Iberdrola en un circuito dúplex, 240 mm<sup>2</sup>.

$$I_{CARGA} = \frac{P_{CARGA}}{\sqrt{3} \cdot V_{CARGA} \cdot FP \cdot n} \quad (2.2.4.8)$$

En donde:

$I_{CARGA}$  = Intensidad de carga de un terno de conductores (A).

$P_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$V_{CARGA}$  = Tensión de servicio y de línea (V).

$FP$  = Factor de potencia del polígono industrial.

$n$  = Designación de circuitos eléctricos.

- **Intensidad de la fase R.**

$$I_{C1} = I_{CARGA} \angle 0^\circ \quad (2.2.4.9)$$

En donde:

$I_{C1}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $0^\circ$  (A).

- **Intensidad de la fase S.**

$$I_{C2} = I_{CARGA} \angle -120^\circ \quad (2.2.4.9)$$

En donde:

$I_{C2}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $-120^\circ$  (A).

- **Intensidad de la fase T.**

$$I_{C3} = I_{CARGA} \angle 120^\circ \quad (2.2.4.9)$$

En donde:

$I_{C3}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $120^\circ$  (A).

- ❖ 6) Aproximación del cálculo de la **Sección** del conductor a través de la fórmula del momento eléctrico con el siguiente procedimiento.

- **Fórmula:**

$$P_{CARGA} * L = \frac{\frac{cdt}{100} * V_{CARGA}^2}{R_{K\_MOMENTO} + (X_{K\_MOMENTO}) * \tan(\theta_{RAD})} \quad (2.2.4.10)$$

En donde:

$P_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

$cdt$  = Caída de tensión (%).

$V_{CARGA}$  = Tensión de servicio y de línea (V).

$R_{K\_MOMENTO}$  = Resistencia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ).

$X_{K\_MOMENTO}$  = Reactancia Inductiva del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ).

$\theta_{RAD}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- Suposición de Reactancia inductiva. Reactancia inductiva según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,102 ohmios/km.

$X_{K\_MOMENTO} = 0.4 \Omega/\text{km}$ .

- Resistividad a  $20^\circ\text{C}$  del Aluminio duro en ohmios\*mm<sup>2</sup>/km, según apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07 es 0,028264 ohmios\*mm<sup>2</sup>/m.

$R_o = 28.264 \Omega * \text{mm}^2/\text{km}$ .

- Suposición de caída de tensión máxima en tanto por ciento.

$cdt = 5 \%$ .

- Suposición de la **Resistencia del conductor de AL**, valor calculado de 0,5131 ohmios/km. Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a  $20^\circ\text{C}$  según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,125 ohmios/km.

$$R_{K\_MOMENTO} = \frac{\frac{cdt}{100} * V_{CARGA}^2}{P_{CARGA} * L} - (X_{K\_MOMENTO}) * \tan(\theta_{RAD}) \quad (2.2.4.10)$$

En donde:

$R_{K\_MOMENTO}$  = Resistencia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ).

$cdt$  = Caída de tensión (%).

$V_{CARGA}$  = Tensión de servicio y de línea (V).

$P_{CARGA}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

$X_{K\_MOMENTO}$  = Reactancia Inductiva del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ).

$\theta_{RAD}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- Se descarta utilizar la **Fórmula del momento eléctrico** para estimar una sección de partida por dar un valor muy pequeño, 55,0861 mm<sup>2</sup>. Dicha fórmula suele utilizarse para un terno de conductores e intensidades elevadas.

$$S_{K\_MOMENTO} = \frac{R_0}{R_{K\_MOMENTO}} \quad (2.2.4.11)$$

En donde:

$S_{K\_MOMENTO}$  = Sección del conductor AL HEPRZ1 (mm<sup>2</sup>).

$R_0$  = Resistividad a 20 °C del Aluminio duro en ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ ).

$R_{K\_MOMENTO}$  = Resistencia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ).

#### ❖ 7) Cálculo de la Intensidad Máxima Admisible para el Conductor AL HEPRZ1 según la instalación elegida.

- Intensidad máxima admisible para un conductor directamente enterrado.

Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K\*m/W según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016.

$I_{TABLA\_FABRICANTE} = 365 \text{ A}$ .

- Factor de corrección para temperatura del terreno de 30 °C y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de 105 °C según la tabla 7 de la ITC-LAT 06.

$K_1 = 0,97$ .

- Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno  $3,00 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$  por ser piedra granítica como indica la tabla 9 de la ITC-LAT 06 y, además, tenemos en cuenta la sección del conductor de  $240 \text{ mm}^2$  de cables directamente enterrados según la tabla 8 de la ITC-LAT 06.

$$K_2 = 0,73.$$

- Factor de corrección por la distancia de 250 mm entre 2 ternos de la zanja para cables directamente enterrados según la tabla 10 de la ITC-LAT 06.

$$K_3 = 0,83.$$

- Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables directamente enterrados a 1,50 m y de sección con valor mayor a  $185 \text{ mm}^2$  según la tabla 11 de la ITC-LAT 06.

$$K_4 = 0,96.$$

- Factor de corrección para temperatura del aire de  $30^\circ\text{C}$  y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de  $105^\circ\text{C}$  según la tabla 14 de la ITC-LAT 06.

$$K_5 = 1,07.$$

- Factor de corrección total**, según la instalación elegida, posee un valor 0,6037.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.2.4.12)$$

En donde:

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

$K_1$  = Factor de corrección por la temperatura del terreno.

$K_2$  = Factor de corrección por la resistividad térmica del terreno.

$K_3$  = Factor de corrección por la distancia entre ternos.

$K_4$  = Factor de corrección por la profundidad de los cables.

$K_5$  = Factor de corrección por la temperatura del aire.

- Intensidad máxima admisible** del conductor en función del tipo de instalación elegida tiene el valor de 220,3538 A. Como la intensidad calculada es superior al valor de la intensidad de carga (44,6287 A), será válido el conductor seleccionado de  $240 \text{ mm}^2$  en un circuito dúplex por intensidad de corriente.

$$I_{Z\_ADMISIBLE} = K_{\text{REDUCTOR}} * I_{\text{TABLA\_FABRICANTE}} \quad (2.2.4.13)$$

En donde:

$I_{Z\_ADMISIBLE}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

$K_{REDUCTOR}$  = Factor de corrección total.

$I_{TABLA\_FABRICANTE}$  = Intensidad máxima admisible del conductor según el fabricante (A).

#### ❖ 8) Cálculo del Tiempo de Cortocircuito por límite térmico y densidad de corriente.

- Cómo el valor exacto para la **densidad de corriente** de 240 mm<sup>2</sup> no sale en la tabla 11 de la ITC-LAT 07, procedemos a interpolar el valor inferior, 200 mm<sup>2</sup> con 2,50 A/mm<sup>2</sup>, y superior, 250 mm<sup>2</sup> con 2,30 A/mm<sup>2</sup>, para calcular un dato más preciso:

$$\frac{\text{Densidad}_{S_{250}} - \text{Densidad}_{HEPRZ1\_S240\_TABLA}}{S_{250} - S_{240}} = \frac{\text{Densidad}_{S_{250}} - \text{Densidad}_{S_{200}}}{S_{250} - S_{200}} \quad (2.2.4.14)$$

$$\text{Densidad}_{HEPRZ1\_S240\_TABLA} = \text{Densidad}_{S_{250}} - \frac{(S_{250} - S_{240}) * (\text{Densidad}_{S_{250}} - \text{Densidad}_{S_{200}})}{S_{250} - S_{200}}$$

En donde:

$\text{Densidad}_{S_{250}}$  = Densidad de corriente del conductor de 250 mm<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>).

$\text{Densidad}_{HEPRZ1\_S240\_TABLA}$  = Densidad de corriente del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>).

$S_{250}$  = Sección del conductor de 250 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

$S_{240}$  = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

$\text{Densidad}_{S_{200}}$  = Densidad de corriente del conductor de 200 mm<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>).

$S_{200}$  = Sección del conductor de 200 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

- La **Densidad de corriente** es 0,1860 A/mm<sup>2</sup>, por lo tanto, el conductor elegido HEPRZ1\_S240 es válido, ya que tiene un valor inferior al que indica la ITC-LAT 07 en la tabla 11 (2,340 A/mm<sup>2</sup>), como densidad de corriente máxima en régimen permanente de los conductores de AL con 240 mm<sup>2</sup>.

$$\text{Densidad}_{HEPRZ1\_S240} = \frac{I_{CARGA}}{S} \quad (2.2.4.15)$$

En donde:

$\text{Densidad}_{HEPRZ1\_S240}$  = Densidad de corriente del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>).

$I_{CARGA}$  = Intensidad de carga de un terno de conductores (A).

$S$  = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

- Según la tabla 26 de la ITC-LAT 06, la Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito será 89 A/mm<sup>2</sup> para conductores de aluminio si la duración del cortocircuito,  $t_{CC}$ , es 1 s y posee un aislamiento HEPR  $U_0/U < 18/30$  kV.

Densidad<sub>HEPRZ1\_S240\_CC</sub> = 89 A/mm<sup>2</sup>.

- **La intensidad máxima de cortocircuito** calculada es 21.360 A. El catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 en la página 65 indica 22.560 A como intensidad máxima de cortocircuito en el conductor AL HEPRZ1 durante 1 s (A).

$$I_{CC} = \text{Densidad}_{\text{HEPRZ1\_S240\_CC}} * S \quad (2.2.4.15)$$

En donde:

$I_{CC}$  = Intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (A).

Densidad<sub>HEPRZ1\_S240\_CC</sub> = Densidad máxima de corriente de cortocircuito (A/mm<sup>2</sup>).

S = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

- Duración del Cortocircuito evaluado en el cálculo según la tabla 26 de la ITC-LAT 06,  $t_{CC}$ , en segundos.

$t_{CC\_O}$  = 1 s.

- **Coefficiente** que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito es 89.

$$K = \frac{I_{CC} * \sqrt{t_{CC\_O}}}{S} \quad (2.2.4.16)$$

En donde:

K = Coeficiente según la naturaleza del conductor y temperaturas del cortocircuito.

$I_{CC}$  = Intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (A).

$t_{CC\_O}$  = Duración del cortocircuito evaluado en el cálculo (s).

S = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

- **Coefficiente** que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito, según el fabricante es 94.

$$K_{\text{FABRICANTE}} = \frac{I_{CC\_FABRICANTE} * \sqrt{t_{CC\_O}}}{S} \quad (2.2.4.16)$$

En donde:

$K_{\text{FABRICANTE}}$  = Coeficiente del fabricante según la naturaleza del conductor y temperaturas del cortocircuito.

$I_{CC\_FABRICANTE}$  = Intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 240 mm<sup>2</sup> según el fabricante (A).

$t_{CC\_O}$  = Duración del cortocircuito evaluado en el cálculo (s).

$S$  = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

- Factor de corrección del aluminio para el cálculo del tiempo de cortocircuito según el apartado 6.2 de la ITC-LAT 06.

$$\beta = 228.$$

- Temperatura inicial en el conductor HEPRZ1\_S240 en servicio permanente (°C).

$$\theta_0 = 25 \text{ °C}.$$

- Temperatura máxima admisible en el conductor HEPRZ1\_S240 en servicio permanente (°C) según la tabla 5 de la ITC-LAT 06.

$$\theta_s = 105 \text{ °C}.$$

- Temperatura máxima de cortocircuito en el conductor HEPRZ1\_S240 (°C) según la tabla 5 de la ITC-LAT 06.

$$\theta_{CC} = 250 \text{ °C}.$$

- La Temperatura inicial de cortocircuito** en el conductor HEPRZ1\_S240 (°C) es 28,2815 °C.

$$\theta_i = \theta_0 + (\theta_s - \theta_0) * \left( \frac{I_{CARGA}}{I_{Z\_ADMISIBLE}} \right)^2 \quad (2.2.4.17)$$

En donde:

$\theta_i$  = Temperatura inicial de cortocircuito (°C).

$\theta_0$  = Temperatura inicial en servicio permanente (°C).

$\theta_s$  = Temperatura máxima admisible en servicio permanente (°C).

$I_{CARGA}$  = Intensidad de carga de un terno de conductores (A).

$I_{Z\_ADMISIBLE}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

- El Tiempo de cortocircuito** es 1,7245 s, por lo tanto cumple al ser un valor superior a 1 s según la ITC-LAT 06.

$$t_{CC} = \left( \frac{K * S}{I_{CC}} * \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{CC} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{CC} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}} \right)^2 \quad (2.2.4.18)$$

En donde:

$t_{CC}$  = Tiempo de cortocircuito (s).

$K$  = Coeficiente según la naturaleza del conductor y temperaturas del cortocircuito.

$S$  = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

$I_{CC}$  = Intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (A).

$\theta_{CC}$  = Temperatura máxima de cortocircuito (°C).

$\beta$  = Factor de corrección del aluminio para el cálculo del tiempo de cortocircuito.

$\theta_i$  = Temperatura inicial de cortocircuito (°C).

$\theta_s$  = Temperatura máxima admisible en servicio permanente (°C).

- **El Tiempo de cortocircuito** según el fabricante es 1,7245 s, por lo tanto, coincide con el calculado, y cumple al ser un valor superior a 1 s según la ITC-LAT 06.

$$t_{CC\_FABRICANTE} = \left( \frac{K_{FABRICANTE} * S}{I_{CC\_FABRICANTE}} * \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{CC} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{CC} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}} \right)^2 \quad (2.2.4.18)$$

En donde:

$t_{CC\_FABRICANTE}$  = Tiempo de cortocircuito según el fabricante (s).

$K_{FABRICANTE}$  = Coeficiente del fabricante según la naturaleza del conductor y temperaturas del cortocircuito.

$S$  = Sección del conductor de 240 mm<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>).

$I_{CC\_FABRICANTE}$  = Intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 240 mm<sup>2</sup> según el fabricante (A).

$\theta_{CC}$  = Temperatura máxima de cortocircuito (°C).

$\beta$  = Factor de corrección del aluminio para el cálculo del tiempo de cortocircuito.

$\theta_i$  = Temperatura inicial de cortocircuito (°C).

$\theta_s$  = Temperatura máxima admisible en servicio permanente (°C).

#### ❖ 9) Cálculo de $X_L$ por Enlaces de Flujo.

- **Constante** utilizada en el cálculo por enlaces de flujo y distancias geométricas.

$$r_{PRIMA} = r * e^{\frac{-1}{4}} \quad (2.2.4.19)$$

En donde:

$r_{PRIMA}$  = Constante utilizada por enlaces de flujo y distancias geométricas (m).

$r$  = Radio interior del conductor (m).



- Constante utilizada para calcular la densidad lineal de carga ( $\lambda$ ).

$$\text{cte} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

- **9.1) Terno 1.**

- **9.1.1) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a R1.**

- Combinación de R1R1.

$$R1R1 = I_{C1} \cdot \ln \left( \frac{1}{r_{PRIMA}} \right) \quad (2.2.4.20)$$

En donde:

R1R1 = Combinación del conductor R1 con el conductor R1 por enlaces de flujo.

$I_{C1}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $0^\circ$  (A).

$r_{PRIMA}$  = Constante utilizada por enlaces de flujo y distancias geométricas (m).

- Combinación de R1S1.

$$R1S1 = I_{C2} \cdot \ln \left( \frac{1}{D_e} \right) \quad (2.2.4.21)$$

En donde:

R1S1 = Combinación del conductor R1 con el conductor S1 por enlaces de flujo.

$I_{C2}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $-120^\circ$  (A).

$D_e$  = Diámetro exterior nominal del conductor (m).

- Combinación de R1T1.

$$R1T1 = I_{C3} \cdot \ln \left( \frac{1}{D_e} \right) \quad (2.2.4.21)$$

En donde:

R1T1 = Combinación del conductor R1 con el conductor T1 por enlaces de flujo.

$I_{C3}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $120^\circ$  (A).

$D_e$  = Diámetro exterior nominal del conductor (m).

- Combinación de R1R2.

$$R1R2 = I_{C1} \cdot \ln \left( \frac{1}{d} \right) \quad (2.2.4.22)$$

En donde:

R1R2 = Combinación del conductor R1 con el conductor R2 por enlaces de flujo.

$I_{C1}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $0^\circ$  (A).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- Combinación de R1S2.

$$R1S2 = I_{C2} * \ln\left(\frac{1}{d}\right) \quad (2.2.4.22)$$

En donde:

R1S2 = Combinación del conductor R1 con el conductor S2 por enlaces de flujo.

$I_{C2}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $-120^\circ$  (A).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- Combinación de R1T2.

$$R1T2 = I_{C3} * \ln\left(\frac{1}{d}\right) \quad (2.2.4.22)$$

En donde:

R1T2 = Combinación del conductor R1 con el conductor T2 por enlaces de flujo.

$I_{C3}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $120^\circ$  (A).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- Densidad lineal de carga de R1.

$$\lambda_{R1} = cte * (R1R1 + R1S1 + R1T1 + R1R2 + R1S2 + R1T2) \quad (2.2.4.23)$$

En donde:

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $0^\circ$  (Wb\*T/Km).

cte = Constante utilizada para calcular la densidad lineal de carga ( $2 * 10^{-4}$ ).

R1R1 = Combinación del conductor R1 con el conductor R1 por enlaces de flujo.

R1S1 = Combinación del conductor R1 con el conductor S1 por enlaces de flujo.

R1T1 = Combinación del conductor R1 con el conductor T1 por enlaces de flujo.

R1R2 = Combinación del conductor R1 con el conductor R2 por enlaces de flujo.

R1S2 = Combinación del conductor R1 con el conductor S2 por enlaces de flujo.

R1T2 = Combinación del conductor R1 con el conductor T2 por enlaces de flujo.

### ○ 9.1.2) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a S1.

- Densidad lineal de carga de S1.

$$\lambda_{S1} = \lambda_{R1} \left| -120^\circ \right. \quad (2.2.4.24)$$

En donde:

$\lambda_{S1}$  = Densidad lineal de carga de S1 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $-120^\circ$  (Wb\*T/Km).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

○ **9.1.3) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a T1.**

- Densidad lineal de carga de T1.

$$\lambda_{T1} = \lambda_{R1} \begin{vmatrix} 120^\circ \end{vmatrix} \quad (2.2.4.24)$$

En donde:

$\lambda_{T1}$  = Densidad lineal de carga de T1 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $120^\circ$  (Wb\*T/Km).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

● **9.2) Terno 2.**

○ **9.2.1) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a R2.**

- Densidad lineal de carga de R2 coincide con R1.

$$\lambda_{R2} = \lambda_{R1} \begin{vmatrix} 0^\circ \end{vmatrix} \quad (2.2.4.23)$$

En donde:

$\lambda_{R2}$  = Densidad lineal de carga de R2 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $0^\circ$  (Wb\*T/Km).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

○ **9.2.2) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto S2.**

- Densidad lineal de carga de S2 coincide con S1.

$$\lambda_{S2} = \lambda_{R1} \begin{vmatrix} -120^\circ \end{vmatrix} \quad (2.2.4.24)$$

En donde:

$\lambda_{S2}$  = Densidad lineal de carga de S2 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $-120^\circ$  (Wb\*T/Km).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

○ **9.2.3) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a T2.**

- Densidad lineal de carga de T2 coincide con T1.

$$\lambda_{T2} = \lambda_{R1} \begin{vmatrix} 120^\circ \end{vmatrix} \quad (2.2.4.24)$$

En donde:

$\lambda_{T2}$  = Densidad lineal de carga de T2 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $120^\circ$  (Wb\*T/Km).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

• **9.3) Reactancia Inductiva  $X_L$ .**

- La página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que la Reactancia Inductiva es 0,102 ohmios/km. Reactancia Inductiva calculada 0,0751 ohmios/km.

$$X_{L\_K} = 2 * \pi * f * \frac{\lambda_{R1}}{I_{C1}} \left| 90^\circ \right. \quad (2.2.4.25)$$

En donde:

$X_{L\_K}$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_{L\_K}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$\lambda_{R1}$  = Densidad lineal de carga de R1 con módulo  $\lambda_{R1}$  y ángulo  $0^\circ$  (Wb\*T/Km).

$I_{C1}$  = Intensidad con módulo  $I_{CARGA}$  y ángulo  $0^\circ$  (A).

- La página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que la Reactancia Inductiva es 0,102 ohmios/km.

$$X_{L\_K\_FABRICANTE} = 0,102 \left| 90^\circ \right. \Omega/\text{km}$$

- La página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que la Reactancia Inductiva es 0,102 ohmios/km. Reactancia Inductiva calculada 0,0751 ohmios/km.

$$X_{L\_K\_MÓDULO} = 0,0751 \Omega/\text{km}$$

- La página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que la Reactancia Inductiva es 0,102 ohmios/km.

$$X_{L\_K\_MÓDULO\_FABRICANTE} = 0,102 \Omega/\text{km}$$

- Reactancia Inductiva calculada 0,7505 ohmios.

$$X_L = X_{L\_K} * L \quad (2.2.4.26)$$

En donde:

$X_L$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_L$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$X_{L\_K}$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_{L\_K}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega/\text{km}$ )

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- Reactancia Inductiva calculada que indica el fabricante es 1,0200 ohmios.

$$X_{L\_FABRICANTE} = X_{L\_K\_FABRICANTE} * L \quad (2.2.4.26)$$

En donde:

$X_{L\_FABRICANTE}$  = Reactancia Inductiva según fabricante con módulo  $X_{L\_FABRICANTE}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$X_{L\_K\_FABRICANTE}$  = Reactancia Inductiva según fabricante con módulo  $X_{L\_K\_FABRICANTE}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- Reactancia Inductiva calculada 0,7505 ohmios.

$$X_{L\_MÓDULO} = 0,7505 \Omega$$

- Reactancia Inductiva calculada 1,0200 ohmios.

$$X_{L\_MÓDULO\_FABRICANTE} = 1,0200 \Omega$$

#### ❖ 10) Cálculo de $X_L$ y $X_C$ por Distancias Medias Geométricas.

Debido a que el circuito elegido es un circuito dúplex, las fórmulas son las siguientes:

- **Distancia media geométrica entre conductores.**

$$DMG = \sqrt[3]{\sqrt{(D_e * d)} * \sqrt{(D_e * d)} * \sqrt{(D_e * d)}} \quad (2.2.4.27)$$

En donde:

$DMG$  = Distancia media geométrica entre conductores (m).

$D_e$  = Diámetro exterior nominal del conductor (m).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- **Radio medio geométrico entre conductores.**

$$RMG = \sqrt[3]{\sqrt{(r_{PRIMA} * d)} * \sqrt{(r_{PRIMA} * d)} * \sqrt{(r_{PRIMA} * d)}} \quad (2.2.4.28)$$

En donde:

$RMG$  = Radio medio geométrico entre conductores (m).

$r_{PRIMA}$  = Constante utilizada por enlaces de flujo y distancias geométricas (m).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- **Radio equivalente.**

$$R_{eq} = \sqrt{r * d} \quad (2.2.4.29)$$

En donde:

$R_{eq}$  = Radio equivalente (m).

$r$  = Radio interior del conductor (m).

$d$  = Distancia entre dos ternos o cables tripolares (m).

- **Inductancia según número de circuitos y conductores.**

$$L_{\text{RMG}} = 2 * 10^{-4} * \ln \left( \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}} \right) \quad (2.2.4.30)$$

En donde:

$L_{\text{RMG}}$  = Inductancia según número de circuitos y conductores (H).

$\text{DMG}$  = Distancia media geométrica entre conductores (m).

$\text{RMG}$  = Radio medio geométrico entre conductores (m).

- **Reactancia Inductiva** según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,102 ohmios/km. Reactancia inductiva calculada 0,0375 ohmios/km.

$$X_{L\_K\_RMG} = 2 * \pi * f * L_{\text{RMG}} \quad (2.2.4.25)$$

En donde:

$X_{L\_K\_RMG}$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega/\text{km}$ ).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$L_{\text{RMG}}$  = Inductancia según número de circuitos y conductores (H).

- **Reactancia Inductiva** calculada 0,3753 ohmios.

$$X_{L\_RMG} = X_{L\_K\_RMG} * L \quad \left| \begin{array}{l} 90^\circ \end{array} \right. \quad (2.2.4.26)$$

En donde:

$X_{L\_RMG}$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_{L\_RMG}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$X_{L\_K\_RMG}$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega/\text{km}$ ).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- Reactancia Inductiva calculada 0,3753 ohmios.

$$X_{L\_RMG\_MODULO} = 0,3753 \Omega$$

- **Capacidad** según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,435 microfaradios/Km. Capacidad calculada 0,118 microfaradios/Km.

$$C_K = \frac{24,2 * 10^{-9}}{\log \left( \frac{\text{DMG}}{R_{\text{eq}}} \right)} \quad (2.2.4.31)$$

En donde:

$C_K$  = Capacidad (F/km).

DMG = Distancia media geométrica entre conductores (m).

$R_{eq}$  = Radio equivalente (m).

- **Capacidad** según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,435 microfaradios/Km.

$$C_{K\_FABRICANTE} = 0,435 * 10^{-6} \text{ F/km}$$

- **Susceptancia** calculada 37,070 microsiemens/Km.

$$B_K = 2 * \pi * f * C_K \quad (2.2.4.32)$$

En donde:

$B_K$  = Susceptancia (s/km).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$C_K$  = Capacidad (F/km).

- **Susceptancia** calculada 370,70 microsiemens.

$$B_C = B_K * L \quad \left| \begin{array}{l} 90^\circ \end{array} \right. \quad (2.2.4.33)$$

En donde:

$B_C$  = Susceptancia con módulo  $B_C$  y ángulo  $90^\circ$  (s).

$B_K$  = Susceptancia (s/km).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- **Reactancia Capacitiva** calculada 2.697,6 ohmios.

$$X_{C\_B} = \frac{1}{B_C} \quad \left| \begin{array}{l} -90^\circ \end{array} \right. \quad (2.2.4.34)$$

En donde:

$X_{C\_B}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{C\_B}$  y ángulo  $-90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$B_C$  = Susceptancia con módulo  $B_C$  y ángulo  $90^\circ$  (s).

- **Reactancia Capacitiva** calculada 26.976 ohmios\*Km.

$$X_{CK} = \frac{1}{2 * \pi * f * C_K} \quad \left| \begin{array}{l} -90^\circ \end{array} \right. \quad (2.2.4.35)$$

En donde:

$X_{CK}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{CK}$  y ángulo  $-90^\circ$  ( $\Omega$ \*km).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$C_K$  = Capacidad (F/km).

- **Reactancia Capacitiva** calculada según el fabricante 7.317,5 ohmios\*Km.

$$X_{CK\_FABRICANTE} = \frac{1}{2 * \pi * f * C_{K\_FABRICANTE}} \angle -90^\circ \quad (2.2.4.35)$$

En donde:

$X_{CK\_FABRICANTE}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{CK\_FABRICANTE}$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ \*km).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$C_{K\_FABRICANTE}$  = Capacidad (F/km).

- **Reactancia capacitiva** calculada 2.697,6 ohmios.

$$X_C = \frac{X_{CK}}{L} \angle -90^\circ \quad (2.2.4.36)$$

En donde:

$X_C$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_C$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

$X_{CK}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{CK}$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ \*km).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- **Reactancia capacitiva** calculada según el fabricante 731,75 ohmios.

$$X_{C\_FABRICANTE} = \frac{X_{CK\_FABRICANTE}}{L} \angle -90^\circ \quad (2.2.4.36)$$

En donde:

$X_{C\_FABRICANTE}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{C\_FABRICANTE}$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

$X_{CK\_FABRICANTE}$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_{CK\_FABRICANTE}$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ \*km).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

- Reactancia capacitiva calculada.

$$X_{C\_MODULO} = 2.697,6 \Omega$$

- Reactancia capacitiva calculada según el fabricante.

$$X_{C\_MODULO\_FABRICANTE} = 731,7469 \Omega$$



❖ **11) Cálculo de la Caída de Tensión del conductor a través de la fórmula del momento eléctrico.**

$$P_{\text{CARGA}} * L = \frac{\frac{\text{Delta}_{V\_MOMENTO}}{100} * V_{\text{CARGA}}^2}{R_{\text{LK}} + (X_{\text{L\_K\_MÓDULO}}) * \tan(\theta_{\text{RAD}})} \quad (2.2.4.10)$$

$$\text{Delta}_{V\_MOMENTO} = 100 * \left( \frac{(P_{\text{CARGA}} * L) * (R_{\text{LK}} + (X_{\text{L\_K\_MÓDULO}}) * \tan(\theta_{\text{RAD}}))}{V_{\text{CARGA}}^2} \right)$$

En donde:

$P_{\text{CARGA}}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

$\text{Delta}_{V\_MOMENTO}$  = Caída de tensión (%).

$V_{\text{CARGA}}$  = Tensión de servicio y de línea (V).

$R_{\text{LK}}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20 °C (Ω/km).

$X_{\text{L\_K\_MÓDULO}}$  = Reactancia Inductiva del conductor (Ω/km).

$\theta_{\text{RAD}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- La Caída de tensión calculada por momento eléctrico es 0,7163 %.

❖ **12) Cálculo de la Caída de Tensión del conductor a través de la fórmula del momento eléctrico según los datos del Fabricante.**

$$P_{\text{CARGA}} * L = \frac{\frac{\text{Delta}_{V\_MOMENTO\_FABRICANTE}}{100} * V_{\text{CARGA}}^2}{R_{\text{LK}} + (X_{\text{L\_K\_MÓDULO\_FABRICANTE}}) * \tan(\theta_{\text{RAD}})} \quad (2.2.4.10)$$

$$\text{Delta}_{V\_MOMENTO\_FABRICANTE} = 100 * \left( \frac{(P_{\text{CARGA}} * L) * (R_{\text{LK}} + (X_{\text{L\_K\_MÓDULO\_FABRICANTE}}) * \tan(\theta_{\text{RAD}}))}{V_{\text{CARGA}}^2} \right)$$

En donde:

$P_{\text{CARGA}}$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$L$  = Longitud de la línea eléctrica (km).

$\text{Delta}_{V\_MOMENTO\_FABRICANTE}$  = Caída de tensión según el fabricante (%).

$V_{\text{CARGA}}$  = Tensión de servicio y de línea (V).

$R_{\text{LK}}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20 °C (Ω/km).

$X_{\text{L\_K\_MÓDULO\_FABRICANTE}}$  = Reactancia Inductiva del conductor según el fabricante (Ω/km).

$\theta_{\text{RAD}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- La Caída de tensión calculada por momento eléctrico según el fabricante es 0,8260 %.

- ❖ **13) Cálculo del Circuito Equivalente de la instalación eléctrica mediante el Método en T, para así poder calcular los Valores Límite de Eficiencia Energética en la línea eléctrica proyectada en Media Tensión.**

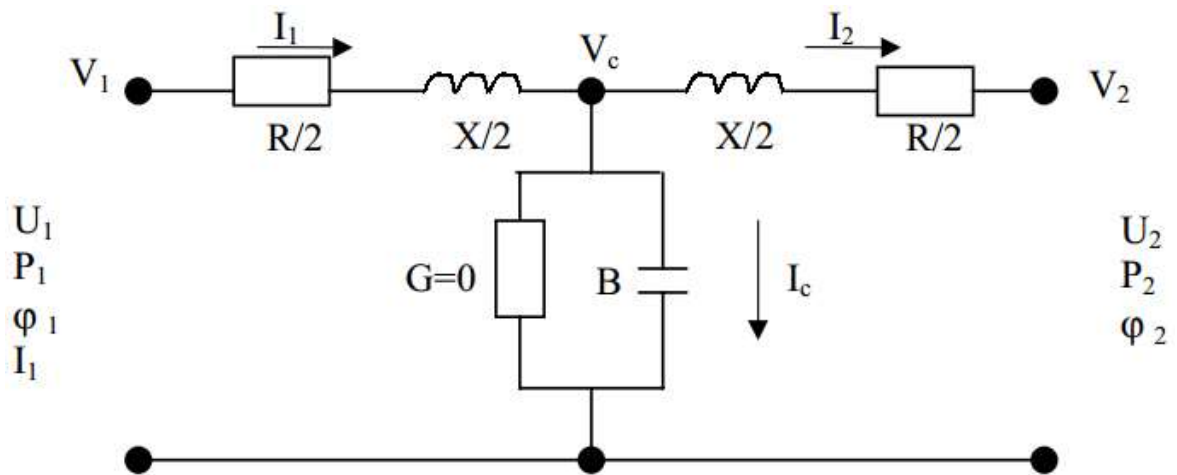


Figura 2.2.4.1 – Circuito eléctrico equivalente para método en T (Aula Politécnica)

- Potencia activa en la carga, la cual equivale a la potencia en el punto 2 del circuito equivalente en vatios.

$$P = P_{\text{CARGA}}$$

- Tensión de línea en la carga en voltios, equivale a la tensión de línea en el punto 2 del circuito equivalente.

$$V = V_{\text{CARGA}}$$

- Tensión de línea en la carga de forma compleja, equivale a la tensión de línea en el punto 2 del circuito equivalente cuándo tomamos como ángulo de referencia  $0^\circ$  en la carga.

$$V_2 = V_{\text{CARGA}} \angle 0^\circ \text{ V}$$

- Tensión de línea en la carga en voltios, equivale a la tensión de línea en el punto 2 del circuito equivalente.

$$V_{2\_MÓDULO} = V_2$$

- **Reactancia Inductiva**, equivale a la inductancia en serie para el circuito equivalente.

$$X_{L\_2} = \frac{X_L}{2} \angle 90^\circ \quad (2.2.4.37)$$

En donde:

$X_{L\_2}$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_{L\_2}$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$X_L$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_L$  y ángulo  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

- **Resistencia**, equivale a la resistencia en serie para el circuito equivalente.

$$R_{L\_2} = \frac{R}{2} \quad \left| \quad 0^\circ \right. \quad (2.2.4.38)$$

En donde:

$R_{L\_2}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20 °C con módulo  $R_{L\_2}$  y ángulo 0° (Ω).

$R$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20 °C con módulo  $R$  y ángulo 0° (Ω).

- **Impedancia**, equivale a la impedancia en serie para el circuito equivalente.

$$Z_{L\_2} = R_{L\_2} + X_{L\_2} \quad (2.2.4.39)$$

En donde:

$Z_{L\_2}$  = Impedancia con módulo  $Z_{L\_2}$  y ángulo que posee  $Z_{L\_2}$  (Ω).

$R_{L\_2}$  = Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20 °C con módulo  $R_{L\_2}$  y ángulo 0° (Ω).

$X_{L\_2}$  = Reactancia Inductiva con módulo  $X_{L\_2}$  y ángulo 90° (Ω).

- **Intensidad de línea en la carga**, equivale a la intensidad para el punto 2 del circuito equivalente.

La referencia usada para el cálculo de un circuito equivalente se considera una conexión en estrella, por lo tanto, la intensidad de línea e intensidad de fase son la misma.

$$I_{2\_MÓDULO} = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{2\_MÓDULO} * FP} \quad (2.2.4.40)$$

En donde:

$I_{2\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la carga (A).

$P$  = Potencia de carga del polígono industrial (W).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de servicio y de línea en la carga (V).

$FP$  = Factor de potencia del polígono industrial.

- **Intensidad en la carga con forma compleja**, equivale a la intensidad en amperios para el punto 2 del circuito equivalente.

La referencia usada para el cálculo de un circuito equivalente se considera una conexión en estrella, por lo tanto, la intensidad de línea e intensidad de fase son la misma.

La intensidad tiene como módulo el de  $I_2$  y ángulo theta de la carga en radianes cambiado de signo por ser una carga inductiva, (arcos (0,85)).

$$I_2 = I_{2\_MÓDULO} \quad \left| \quad - \theta_{RAD} \right. \quad (2.2.4.41)$$

En donde:

$I_2$  = Intensidad de línea en la carga con módulo  $I_2$  y ángulo -  $\theta_{RAD}$  (A).

$I_{2\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la carga (A).

$\theta_{RAD}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- **Tensión de Fase de la Reactancia Capacitiva**, equivale a la tensión de fase generada en paralelo por la capacidad del cable en el circuito equivalente.

$$V_C = \frac{V_2}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ + I_2 * Z_{L\_2} \quad (2.2.4.42)$$

En donde:

$V_C$  = Tensión de fase de la reactancia capacitiva (V).

$V_2$  = Tensión de servicio y de línea en la carga (V).

$I_2$  = Intensidad de línea en la carga con módulo  $I_2$  y ángulo -  $\theta_{RAD}$  (A).

$Z_{L\_2}$  = Impedancia con módulo  $Z_{L\_2}$  y ángulo que posee  $Z_{L\_2}$  ( $\Omega$ ).

- **Intensidad de la reactancia capacitiva**, equivale a la intensidad generada en paralelo por la capacidad del cable en el circuito equivalente.

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} \quad (2.2.4.43)$$

En donde:

$I_C$  = Intensidad de la reactancia capacitiva (A).

$V_C$  = Tensión de fase de la reactancia capacitiva (V).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_C$  y ángulo -  $90^\circ$  ( $\Omega$ ).

- **Intensidad de generación con forma compleja**, equivale a la intensidad para el punto 1 del circuito equivalente.

$$I_1 = I_2 + I_C \quad (2.2.4.44)$$

En donde:

$I_1$  = Intensidad de generación (A).

$I_2$  = Intensidad de línea en la carga con módulo  $I_2$  y ángulo -  $\theta_{RAD}$  (A).

$I_C$  = Intensidad de la reactancia capacitiva (A).

- **Intensidad de generación**, equivale a la intensidad en amperios para el punto 1 del circuito equivalente.

$$I_{1\_MÓDULO} = I_1$$

- **Tensión de fase en la generación con forma compleja**, equivale a la tensión de fase para el punto 1 del circuito equivalente.

$$V_1 = I_1 * Z_{L\_2} + V_C \quad (2.2.4.45)$$

En donde:

$V_1$  = Tensión de fase en la generación (V).

$I_1$  = Intensidad de generación (A).

$Z_{L\_2}$  = Impedancia con módulo  $Z_{L\_2}$  y ángulo que posee  $Z_{L\_2}$  ( $\Omega$ ).

$V_C$  = Tensión de fase de la reactancia capacitiva (V).

- **Tensión de línea en la generación con forma compleja**, equivale a la tensión de línea para el punto 1 del circuito equivalente en forma compleja.

$$V_{1\_LÍNEA} = \sqrt{3} * V_1 \quad (2.2.4.46)$$

En donde:

$V_{1\_LÍNEA}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$V_1$  = Tensión de fase en la generación (V).

- **Tensión de línea en la generación**, equivale a la tensión de línea para el punto 1 del circuito equivalente en módulo.

$$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} = V_{1\_LÍNEA}$$

- **Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la tensión de fase en generación** o tensión de fase en el punto 1 del circuito equivalente con el método en T.

Comprobación que las operaciones realizadas están bien hechas al tener que coincidir  $V_{1\_COMPROBACIÓN}$  de fase con  $V_1$  de fase.

$$V_{1\_COMPROBACIÓN} = \frac{V_2}{\sqrt{3}} * \left( 1 + \frac{Z_{L\_2}}{X_C} \right) + I_2 * \left( 2 * Z_{L\_2} + \frac{Z_{L\_2}^2}{X_C} \right) \quad (2.2.4.47)$$

En donde:

$V_{1\_COMPROBACIÓN}$  = Tensión de fase en la generación (V).

$V_2$  = Tensión de servicio y de línea en la carga (V).

$Z_{L\_2}$  = Impedancia con módulo  $Z_{L\_2}$  y ángulo que posee  $Z_{L\_2}$  ( $\Omega$ ).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_C$  y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

- **Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la tensión de línea en generación** o tensión de línea en el punto 1 del circuito equivalente con el método en T.

Comprobación que las operaciones realizadas están bien hechas al tener que coincidir  $V_{1\_COMPROBACIÓN\_LÍNEA}$  de línea con  $V_1$  de línea.

$$V_{1\_COMPROBACIÓN\_LÍNEA} = \sqrt{3} * V_{1\_COMPROBACIÓN} \quad (2.2.4.46)$$

En donde:

$V_{1\_COMPROBACIÓN\_LÍNEA}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$V_{1\_COMPROBACIÓN}$  = Tensión de fase en la generación (V).

- **Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la intensidad de generación** o intensidad en el punto 1 del circuito equivalente con el método en T.

Comprobación que las operaciones realizadas están bien hechas al tener que coincidir  $I_{1\_COMPROBACIÓN}$  con  $I_1$ .

$$I_{1\_COMPROBACIÓN} = \frac{V_2}{\sqrt{3} * X_C} + I_2 * \left( 1 + \frac{Z_{L\_2}}{X_C} \right) \quad (2.2.4.48)$$

En donde:

$I_{1\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad de generación (A).

$V_2$  = Tensión de servicio y de línea en la carga (V).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva con módulo  $X_C$  y ángulo  $-90^\circ$  ( $\Omega$ ).

$Z_{L\_2}$  = Impedancia con módulo  $Z_{L\_2}$  y ángulo que posee  $Z_{L\_2}$  ( $\Omega$ ).

- **Ángulo de la tensión en el punto 1 del circuito equivalente por el método en T en radianes, generación.**

$$\text{Ángulo}_{V_1} = \theta_{V_1}$$

- **Ángulo de la tensión en el punto 2 o en la carga del circuito equivalente por el método en T en radianes.** Usamos como ángulo de referencia  $0^\circ$  en la carga.

$$\text{Ángulo}_{V_2} = \theta_{V_2}$$

- **Ángulo de la intensidad en el punto 1 o generación del circuito equivalente por el método en T en radianes.**

$$\text{Ángulo}_{I_1} = \theta_{I_1}$$

- **Ángulo de desfase en el punto 1 o generación del circuito equivalente por el método en T en radianes.**

$$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-RAD}} = \text{Ángulo}_{V_1} - \text{Ángulo}_{I_1} \quad (2.2.4.49)$$

En donde:

$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-RAD}}$  = Ángulo de desfase en el punto 1 o generación (radianes).

$\text{Ángulo}_{V_1}$  = Ángulo de la tensión en el punto 1 (radianes).

$\text{Ángulo}_{I_1}$  = Ángulo de la intensidad en el punto 1 (radianes).

- **Ángulo de desfase en el punto 1** o generación del circuito equivalente por el método en T en grados.

$$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-GRADOS}} = \text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-RAD}} * \frac{180}{\pi} \quad (2.2.4.4)$$

En donde:

$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-GRADOS}}$  = Ángulo de desfase en el punto 1 o generación (grados).

$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO}_1\text{-RAD}}$  = Ángulo de desfase en el punto 1 o generación (radianes).

- **Ángulo de regulación de potencia transportada** del circuito equivalente por el método en T en radianes, generación.

Cómo el resultado da un valor positivo de 0,0025 radianes, la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> puede ser la correcta debido a que la corriente circulará desde la generación a la carga, situación deseada.

$$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN-RAD}} = \text{Ángulo}_{V_1} - \text{Ángulo}_{V_2} \quad (2.2.4.50)$$

En donde:

$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN-RAD}}$  = Ángulo de regulación de potencia transportada (radianes).

$\text{Ángulo}_{V_1}$  = Ángulo de la tensión en el punto 1 (radianes).

$\text{Ángulo}_{V_2}$  = Ángulo de la tensión en el punto 2 (radianes).

- **Ángulo de regulación de potencia transportada** del circuito equivalente por el método en T en grados, generación.

Cómo el resultado da un valor positivo de 0,1424 grados, la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> puede ser la correcta debido a que la corriente circulará desde la generación a la carga, situación deseada.

$$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN-GRADOS}} = \text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN-RAD}} * \frac{180}{\pi} \quad (2.2.4.4)$$

En donde:

$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN-GRADOS}}$  = Ángulo de regulación de potencia transportada (grados).

$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN\_RAD}} = \text{Ángulo de regulación de potencia transportada (radianes)}.$

- **Cálculo de la Potencia activa en el punto 2** en vatios del circuito equivalente en el método en T, carga.

Valor que debe ser inferior a la potencia de generación, punto 1, y coincidir con la potencia de carga.

$$P_2 = \sqrt{3} * V_{2\_MÓDULO} * I_{2\_MÓDULO} * \cos(\theta_{\text{RAD}}) \quad (2.2.4.51)$$

En donde:

$P_2$  = Potencia activa en el punto 2 o carga (W).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la carga (V).

$I_{2\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la carga (A).

$\theta_{\text{RAD}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- **Cálculo de la Potencia reactiva en el punto 2** o carga en voltiamperios reactivos del circuito equivalente en el método en T.

$$Q_2 = \sqrt{3} * V_{2\_MÓDULO} * I_{2\_MÓDULO} * \sin(\theta_{\text{RAD}}) \quad (2.2.4.52)$$

En donde:

$Q_2$  = Potencia reactiva en el punto 2 o carga (VAR).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la carga (V).

$I_{2\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la carga (A).

$\theta_{\text{RAD}}$  = Ángulo para el factor de potencia del polígono industrial (radianes).

- **Cálculo de la Potencia aparente en el punto 2** o carga en voltiamperios del circuito equivalente en el método en T.

$$S_2 = \sqrt{3} * V_{2\_MÓDULO} * I_{2\_MÓDULO} \quad (2.2.4.53)$$

En donde:

$S_2$  = Potencia aparente en el punto 2 o carga (VA).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la carga (V).

$I_{2\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la carga (A).

- **Cálculo de la Potencia activa en el punto 1** o generación en vatios del circuito equivalente en el método en T.

Valor que debe ser superior a la potencia de carga, punto 2.



$$P_1 = \sqrt{3} * V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} * I_{1\_MÓDULO} * \cos \left( \text{Ángulo}_{\text{PUNTO\_1\_RAD}} \right) \quad (2.2.4.51)$$

En donde:

$P_1$  = Potencia activa en el punto 1 o generación (W).

$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$I_{1\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la generación (A).

$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO\_1\_RAD}}$  = Ángulo de desfase en el punto 1 o generación (radianes).

- **Cálculo de la Potencia reactiva en el punto 1 o generación** en voltiamperios reactivos del circuito equivalente en el método en T.

$$Q_1 = \sqrt{3} * V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} * I_{1\_MÓDULO} * \sin \left( \text{Ángulo}_{\text{PUNTO\_1\_RAD}} \right) \quad (2.2.4.52)$$

En donde:

$Q_1$  = Potencia reactiva en el punto 1 o generación (VAR).

$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$I_{1\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la generación (A).

$\text{Ángulo}_{\text{PUNTO\_1\_RAD}}$  = Ángulo de desfase en el punto 1 o generación (radianes).

- **Cálculo de la Potencia aparente en el punto 1 o generación** en voltiamperios del circuito equivalente en el método en T.

$$S_1 = \sqrt{3} * V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} * I_{1\_MÓDULO} \quad (2.2.4.53)$$

En donde:

$S_1$  = Potencia aparente en el punto 1 o generación (VA).

$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$I_{1\_MÓDULO}$  = Intensidad de línea en la generación (A).

- **Cálculo de la Caída de tensión** en porcentaje del circuito equivalente por el método en T. Valor calculado 0,6977 %.

$$\text{Delta}_V = \left( \frac{V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} - V_{2\_MÓDULO}}{V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}} \right) * 100 \quad (2.2.4.54)$$

En donde:

$\text{Delta}_V$  = Caída de tensión del circuito equivalente (%).

$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la carga (V).

- Cálculo de la **Potencia perdida** en porcentaje del circuito equivalente por el método en T. Valor calculado 0,5515 %.

$$\Delta p = \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right) * 100 \quad (2.2.4.55)$$

En donde:

$\Delta p$  = Potencia perdida del circuito equivalente (%).

$P_1$  = Potencia activa en el punto 1 o generación (W).

$P_2$  = Potencia activa en el punto 2 o carga (W).

- Cálculo de la **Eficiencia energética** en porcentaje del circuito equivalente por el método en T. Valor calculado 99,4485 %.

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right) * 100 \quad (2.2.4.56)$$

En donde:

$P_2$  = Potencia activa en el punto 2 o carga (W).

$P_1$  = Potencia activa en el punto 1 o generación (W).

- Cálculo de la **Potencia máxima para transportar** en vatios del circuito equivalente por el método en T.

Cómo el resultado da un valor de  $13,336 \cdot 10^6$  vatios, la sección elegida de  $240 \text{ mm}^2$  será la correcta debido a que la potencia máxima generada es superior a la potencia de la carga.

$$P_{\text{MÁX}} = \left( \frac{V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO} * V_{2\_MÓDULO}}{X_{L\_K\_MÓDULO}} \right) * \sin \left( \text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN\_RAD}} \right) \quad (2.2.4.57)$$

En donde:

$P_{\text{MÁX}}$  = Potencia máxima a transportar (W).

$V_{1\_LÍNEA\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la generación (V).

$V_{2\_MÓDULO}$  = Tensión de línea en la carga (V).

$X_{L\_K\_MÓDULO}$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega/\text{km}$ ).

$\text{Ángulo}_{\text{REGULACIÓN\_RAD}}$  = Ángulo de regulación de potencia transportada (radianes).

### 2.2.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjuntan los documentos utilizados para el diseño de la Red de Distribución en Media Tensión.

El **primer documento** consiste en el programa de cálculo desarrollado mediante el software Matlab R2015a que permite proyectar la línea de distribución LA.

Esta línea eléctrica es utilizada como ejemplo del método de cálculo y, se emplea para alimentar el Centro de Seccionamiento desde la Subestación eléctrica más próxima al polígono industrial, propiedad de la compañía suministradora, pero necesaria en el diseño de cualquier elemento eléctrico aguas debajo de la instalación.

El **segundo archivo** es un resumen de los resultados finales generados con el software Matlab R2015a para el cálculo de todas las líneas de distribución de MT.

Este documento abarca desde la subestación eléctrica (LA), hasta la línea de alimentación que enlaza el Centro de Transformación 3 con el Centro de Seccionamiento (L 9).

La distribución radial de la red eléctrica de MT permite proporcionar el servicio eléctrico necesario en el la parte de MT a los transformadores instalados en el polígono industrial Ártabro (8).

El **tercer archivo** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de la carga máxima de los transformadores.

La hipótesis de partida sobre este cálculo son las superficies de las parcelas de las naves industriales, sus potencias asociadas y las cargas de alumbrado público.

El **cuarto documento** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para resumir los resultados finales más relevantes de cada línea de distribución.

Estos datos están basados en el segundo archivo, resultados finales generados con el software Matlab R2015a para el cálculo de todas las líneas de distribución.

clear all

LINEA A

close all

clc

%%%✓  
%%%

% TITULO TFG: INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN  
% POLÍGONO INDUSTRIAL.

% ALCANCE: - Diseño y cálculo de la red de Media Tensión desde la  
% subestación de parque hasta el centro de seccionamiento, Línea A.

% SOLUCIÓN: Línea subterránea de 20 kV con subestación de parque.

%%%✓  
%%%

% 1) Datos de partida

% V2: 20 kV. Tensión de servicio.

% P: 2'62817 MW. Potencia según la previsión de cargas.

%%%✓  
%%%

% 2) Suposiciones:

% Cos(phi): 0.85. Valor más desfavorable que se puede suponer la  
% instalación eléctrica.

%%%✓  
%%%

% 3) Designación de circuitos eléctricos o conductores por fase:

% n = 1 - Simple; n = 2 - Dúplex; n = 3 - Tríplex; n = 4 - Cuádruplex

% Aunque la corriente de carga no es superior a 400A, se optó por escoger  
% varios ternos ante posibles ampliaciones futuras del polígono industrial.

% El circuito simplex (n = 1), se descartó por ampliaciones futuras y al no

% poder mantener la fiabilidad del servicio de suministro eléctrico en las  
% naves industriales si se interrumpe la corriente eléctrica en uno de los  
% ternos.

% La solución elegida será un **circuito dúplex** para así disminuir la  
% corriente que transporta cada conductor ( $n = 2$ ).

%%%✓  
%%%

% 4) Datos de la instalación de Media Tensión:

% Tensión de servicio.

$V_{\text{carga}} = 20 \cdot 10^3$ ;

% Previsión de cargas de las naves industriales en watios.

$P_{\text{carga\_naves}} = 2.62024 \cdot 10^6$ ;

% Suposición del factor de potencia más desfavorable en las naves  
% industriales.

$fp_{\text{naves}} = 0.85$ ;

% Previsión de cargas de las naves industriales en voltiamperios.

$P_{\text{carga\_naves\_VA}} = P_{\text{carga\_naves}} / fp_{\text{naves}}$ ;

% Previsión de cargas del alumbrado en watios.

$P_{\text{carga\_alumbrado}} = 7.93 \cdot 10^3$ ;

% Suposición del factor de potencia de alumbrado al utilizar luminarias led.

$fp_{\text{alumbrado}} = 0.96$ ;

% Previsión de cargas del alumbrado en voltiamperios.

$P_{\text{carga\_alumbrado\_VA}} = P_{\text{carga\_alumbrado}} / fp_{\text{alumbrado}}$ ;

% Previsión de cargas de la instalación eléctrica en watios, valor

% calculado 2628170 W.

$P_{\text{carga}} = P_{\text{carga\_naves\_VA}} \cdot fp_{\text{naves}} + P_{\text{carga\_alumbrado\_VA}} \cdot fp_{\text{alumbrado}}$ ;

% Suposición del factor de potencia más desfavorable.

$fp = 0.85$ ;

% Previsión de cargas de la instalación eléctrica en voltiamperios, valor

% calculado  $3,09196 \cdot 10^6$  VA.

Pcarga\_VA = Pcarga/fp;

% Suposición del ángulo en radianes para el factor de potencia, theta,  
% valor calculado 0,5548 radianes.

theta\_rad = acos(fp);

% Suposición del ángulo en grados para el factor de potencia, theta, valor  
% calculado 31,7883°.

theta\_grados = theta\_rad\*(180/pi);

% Longitud de la línea eléctrica en Km.

L = 10;

% Designación de circuitos eléctricos.

**n = 2;**

% **Sección del conductor AL HEPRZ1 (mm^2)**, según la página 65 en el catálogo  
% del fabricante prysmiancatalogomt\_2016, teniendo en cuenta que la sección  
% menor homologada por la compañía Iberdrola en un cable subterráneo,  
% 95 mm^2, no es válida, de igual modo descartamos la sección de 150 mm^2  
% por no ser capaz de transportar la potencia deseada, entonces probaremos  
% con la sección de 240 mm^2.

**S = 240;**

% Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20°C (ohmios/km), según la página  
% 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,125  
% ohmios/km para un terno.

RI\_k = 0.125/n;

% Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20°C, (ohmios), es 0,6250 ohmios  
% para dos ternos.

R = RI\_k\*L;

% Radio interior es 14 mm. Según el diámetro, Ø, nominal aislamiento (mm)  
% que indica la página 65 en el catálogo del fabricante  
% prysmiancatalogomt\_2016 es 28 mm.

r = (28/2)\*(10^-3);

% Diámetro exterior según el diámetro, Ø, nominal exterior (mm) que indica  
% la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es  
% 36 mm.

De = 36\*(10^-3);

% El catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 en la página 65 indica  
 % 22560 A cómo intensidad máxima de cortocircuito en el conductor AL HEPRZ1  
 % durante 1 s (A).

lcc\_fabricante = 22560;

% Distancia en metros entre dos ternos o cables tripolares, 250 mm.

d = 0.25;

%%✓  
 %%%

% 5) Cálculo de las intensidades de carga.

% **Intensidad de carga de un terno de conductores (44,6287 A)**. Cómo la  
 % intensidad calculada es una cantidad tan pequeña, ratificamos la elección  
 % de escoger la sección homologada por la compañía Iberdrola en un circuito  
 % dúplex, 240 mm<sup>2</sup>.

Icarga = (Pcarga)/(sqrt(3)\*Vcarga\*fp\*n);

% Icarga y ángulo 0°

Ic1 = complex(Icarga,0);

% Icarga y ángulo -120°

Ic2 = Icarga\*complex(-1/2,-sqrt(3)/2);

% Icarga y ángulo 120°

Ic3 = Icarga\*complex(-1/2,sqrt(3)/2);

%%✓  
 %%%

% 6) Aproximación del cálculo de la sección del conductor a través de la

% fórmula del momento eléctrico con las siguientes suposiciones:

% Fórmula:

%  $Pcarga * L = ((cdt/100) * (Vcarga)^2) / (Rk\_momento + Xk\_momento * \tan(\theta\_rad))$

% Variables:

% P (vatios)

% L (Km)

% cdt (tanto por ciento, %)

% Vcarga (voltios)

% Rk\_momento (Ohmios/Km)

% Xk\_momento (Ohmios/Km)

% theta\_rad (radianes)

% Suposición de Reactancia inductiva(ohmios/Km). Reactancia inductiva

% (ohmios/km), según la página 65 en el catálogo del fabricante

% prysmiancatalogomt\_2016 es 0,102 ohmios/km.

Xk\_momento = 0.4;

% Resistividad a 20°C del Aluminio duro en ohmios.mm<sup>2</sup>/Km, según apartado

% 4.2.1 de la ITC-LAT 07 es 0,028264 ohmios.mm<sup>2</sup>/m.

Ro = 28.264;

% Suposición de caída de tensión máxima en tanto por ciento.

cdt = 5;

% Suposición de la resistencia del conductor de AL, valor calculado de

% 0,5131 ohmios/Km. Resistencia del conductor AL HEPRZ1 a 20°C (ohmios/Km),

% según la página 65 en el catálogo del fabricante prysmiancatalogomt\_2016

% es 0,125 ohmios/km.

Rk\_momento = (((cdt/100)\*(Vcarga^2))/(Pcarga\*L)) - (Xk\_momento\*tan(theta\_rad));

% Se descarta utilizar la fórmula del momento eléctrico para estimar una

% sección de partida por dar una sección muy pequeña, 55,0861 mm<sup>2</sup>. Dicha

% fórmula suele utilizarse para un terno de conductores e intensidades

% elevadas.

Sk\_momento = Ro/Rk\_momento;

%%✓  
%%

% 7) Cálculo de la intensidad máxima admisible para el conductor AL HEPRZ1

% según la instalación elegida.

% Intensidad máxima admisible para un conductor directamente enterrado (A).

% Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de

% profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica

% 1,5 K·m/W.

Itabla\_fabricante = 365;

% Factor de corrección para temperatura del terreno de 30 °C y temperatura

% máxima admisible del conductor en servicio permanente de 105 °C según la

% tabla 7 de la ITC-LAT 06.

K1 = 0.97;



% Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno  
 % 3,00 K·m/W por ser piedra granítica como indica la tabla 9 de la  
 % ITC-LAT 06 y, además, tenemos en cuenta la sección del conductor de  
 % 240 mm<sup>2</sup> de cables directamente enterrados según la tabla 8 de la  
 % ITC-LAT 06.

$$K2 = 0.73;$$

% Factor de corrección por la distancia de 250 mm entre 2 ternos de la  
 % zanja para cables directamente enterrados según la tabla 10 de la  
 % ITC-LAT 06.

$$K3 = 0.83;$$

% Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables  
 % directamente enterrados a 1,50 m y de sección con valor mayor a 185 mm<sup>2</sup>  
 % según la tabla 11 de la ITC-LAT 06.

$$K4 = 0.96;$$

% Factor de corrección para temperatura del aire de 30 °C y temperatura  
 % máxima admisible del conductor en servicio permanente de 105 °C según  
 % la tabla 14 de la ITC-LAT 06.

$$K5 = 1.07;$$

% Factor de corrección total según la instalación elegida de valor 0,6037.

$$K_{reductor} = K1 * K2 * K3 * K4 * K5;$$

% Intensidad máxima admisible del conductor en función del tipo de  
 % instalación elegida tiene el valor de 220,3538 A. Como la intensidad  
 % calculada es superior al valor de la intensidad de carga, (44,6287 A),  
 % será válido por intensidad de corriente el conductor seleccionado de  
 % 240 mm<sup>2</sup> en un circuito dúplex.

$$I_{z\_admisible} = K_{reductor} * I_{tabla\_fabricante};$$

%%%✓  
 %%

% 8) Cálculo del tiempo de cortocircuito por límite térmico y densidad de  
 % corriente.

% Cómo el valor exacto para la densidad de corriente de 240 mm<sup>2</sup> no sale en  
 % la tabla 11 de la ITC-LAT 07, procedemos a interpolar el valor  
 % inferior, 200 mm<sup>2</sup> con 2,50 A/mm<sup>2</sup>, y superior, 250 mm<sup>2</sup> con 2,30 A/mm<sup>2</sup>,  
 % para calcular un dato más preciso:

%  $(2.3 - \text{Densidad}) / (250 - 240) = (2.3 - 2.5) / (250 - 200)$

Densidad\_HEPRZ1\_S240\_tabla =  $2.30 - (((250 - 240) * (2.3 - 2.5)) / (250 - 200));$

% La densidad de corriente es 0,1860 A/mm<sup>2</sup>, por lo tanto, el conductor  
% elegido HEPRZ1\_S240 es válido, ya que tiene un valor inferior al que  
% indica la ITC-LAT 07 en la tabla 11, (2,340 A/mm<sup>2</sup>), como densidad de  
% corriente máxima en régimen permanente de los conductores de AL con  
% 240 mm<sup>2</sup>.

Densidad\_HEPRZ1\_S240 =  $I_{\text{carga}} / S;$

% Según la tabla 26 de la ITC-LAT 06, la densidad máxima admisible de  
% corriente de cortocircuito será 89 A/mm<sup>2</sup> para conductores de aluminio si  
% la duración del cortocircuito, tcc, es 1 s y posee un aislamiento HEPR  
%  $U_o / U < 18 / 30 \text{Kv}.$

Densidad\_HEPRZ1\_S240\_cc = 89;

% La intensidad máxima de cortocircuito calculada es 21360 A. El catálogo  
% del fabricante prysmiancatalogomt\_2016 en la página 65 indica 22560 A  
% cómo intensidad máxima de cortocircuito en el conductor AL HEPRZ1 durante  
% 1 s (A).

Icc = Densidad\_HEPRZ1\_S240\_cc \* S;

% Duración del cortocircuito evaluado en el cálculo según la tabla 26 de la  
% ITC-LAT 06, tcc, en segundos.

tcc\_o = 1;

% Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las  
% temperaturas al inicio y final del cortocircuito es 89.

$K = (I_{cc} * (tcc_o)^{(1/2)}) / S;$

% Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las  
% temperaturas al inicio y final del cortocircuito, según el fabricante es  
% 94.

$K_{\text{fabricante}} = (I_{cc\_fabricante} * (tcc_o)^{(1/2)}) / S;$

% Factor de corrección del aluminio para el cálculo del tiempo de  
% cortocircuito según el apartado 6.2 de la ITC-LAT 06.

B = 228;

% Temperatura inicial en el conductor HEPRZ1\_S240 en servicio permanente  
% (°C).

theta\_o = 25;

% Temperatura máxima admisible en el conductor HEPRZ1\_S240 en servicio  
% permanente (°C) según la tabla 5 de la ITC-LAT 06.

theta\_s = 105;

% Temperatura máxima de cortocircuito en el conductor HEPRZ1\_S240 (°C)  
% según la tabla 5 de la ITC-LAT 06.

theta\_cc = 250;

% La temperatura inicial de cortocircuito en el conductor HEPRZ1\_S240 (°C)  
% es 28,2815 °C

theta\_i = theta\_o + (theta\_s - theta\_o)\*(Icarga/Iz\_admisible)^2;

% El tiempo de cortocircuito es 1,7245 s, por lo tanto cumple al ser un  
% valor superior a 1 s según la ITC-LAT 06.

tcc = (((K\*S)/Icc)\*sqrt((log((theta\_cc + B)/(theta\_i + B)))/(log((theta\_cc + B)/(theta\_s + B))))))^2;

% El tiempo de cortocircuito según el fabricante es 1,7245 s, por lo tanto,  
% coincide con el calculado, y cumple al ser un valor superior a 1 s según  
% la ITC-LAT 06.

tcc\_fabricante = (((K\_fabricante\*S)/Icc\_fabricante)\*sqrt((log((theta\_cc + B)/(theta\_i + B)))/(log((theta\_cc + B)/(theta\_s + B))))))^2;

%%  
%%

% 9) Cálculo de XI por enlaces de flujo.

% Constante utilizada en el cálculo por enlaces de flujo y distancias  
% geométricas.

rprima = r\*0.7788;

% Constante utilizada para calcular la densidad lineal de carga, (lambda).

Cte = 2\*(10^-4);

% 9.1) Terno 1.

% 9.1.1) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a R1.

% Combinación de R1R1.

R1R1 = Ic1\*log(1/rprima);

% Combinación de R1S1.

$$R1S1 = I_c2 * \log(1/D_e);$$

% Combinación de R1T1.

$$R1T1 = I_c3 * \log(1/D_e);$$

% Combinación de R1R2.

$$R1R2 = I_c1 * \log(1/d);$$

% Combinación de R1S2.

$$R1S2 = I_c2 * \log(1/d);$$

% Combinación de R1T2.

$$R1T2 = I_c3 * \log(1/d);$$

% Densidad lineal de carga de R1 (Wb\*T/Km).

$$\text{LambdaR1} = \text{Cte} * (R1R1 + R1S1 + R1T1 + R1R2 + R1S2 + R1T2);$$

% 9.1.2) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a S1.

% Densidad lineal de carga de S1 (Wb\*T/Km), desfasada -120° respecto a R1.

$$\text{LambdaS1} = \text{LambdaR1} * \text{complex}(-1/2, -\sqrt{3}/2);$$

% 9.1.3) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a T1.

% Densidad lineal de carga de T1 (Wb\*T/Km), desfasada 120° respecto a R1.

$$\text{LambdaT1} = \text{LambdaR1} * \text{complex}(-1/2, \sqrt{3}/2);$$

% 9.2) Terno 2.

% 9.2.1) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a R2.

% Densidad lineal de carga de R2 (Wb\*T/Km), coincide con R1.

$$\text{LambdaR2} = \text{LambdaR1};$$

% 9.2.2) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto S2.

% Densidad lineal de carga de S2 (Wb\*T/Km), coincide con S1.

$$\text{LambdaS2} = \text{LambdaS1};$$

% 9.2.3) Combinaciones de conductores por enlaces de flujo respecto a T2.

% Densidad lineal de carga de T2 (Wb\*T/Km), coincide con T1.

$$\text{LambdaT2} = \text{LambdaT1};$$

% 9.3) Reactancia inductiva (ohmios/km). La página 65 en el catálogo del  
% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que es 0,102 ohmios/km.  
% Reactancia inductiva calculada 0,0751 ohmios/km.

$XI_k = (2 \cdot \pi \cdot 50) \cdot (\text{LambdaR1}/lc1) \cdot (1i);$

% Reactancia inductiva (ohmios/km). La página 65 en el catálogo del  
% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que es 0,102 ohmios/km.

$XI_{k\_fabricante} = 0.102 \cdot (1i);$

% Reactancia inductiva (ohmios/km). La página 65 en el catálogo del  
% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que es 0,102 ohmios/km.  
% Reactancia inductiva calculada 0,0751 ohmios/km.

$XI_{k\_modulo} = \text{abs}(XI_k);$

% Reactancia inductiva (ohmios/km). La página 65 en el catálogo del  
% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 indica que es 0,102 ohmios/km.

$XI_{k\_modulo\_fabricante} = \text{abs}(XI_{k\_fabricante});$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 0,7505  
% ohmios.

$XI = XI_k \cdot L;$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 1,0200  
% ohmios.

$XI_{fabricante} = XI_{k\_fabricante} \cdot L;$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 0,7505  
% ohmios.

$XI_{modulo} = \text{abs}(XI);$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 1,0200  
% ohmios.

$XI_{modulo\_fabricante} = \text{abs}(XI_{fabricante});$

%%%✓  
%%%

% 10) Cálculo de  $XI$  y  $Xc$  por distancias medias geométricas.

% Debido a que el circuito elegido es un circuito dúplex, las fórmulas son  
% las siguientes:

% Distancia media geométrica entre conductores en metros.

$$D_{mg} = ((D_e * d)^{(1/2)} * (D_e * d)^{(1/2)} * (D_e * d)^{(1/2)})^{(1/3)};$$

% Radio medio geométrico entre conductores en metros.

$$R_{mg} = ((r_{prima} * d)^{(1/2)} * (r_{prima} * d)^{(1/2)} * (r_{prima} * d)^{(1/2)})^{(1/3)};$$

% Radio equivalente en metros.

$$R_{eq} = (r * d)^{(1/2)};$$

% Inductancia en Henrios según número de circuitos y conductores.

$$L_{rmg} = 2 * 10^{-4} * \log(D_{mg}/R_{mg});$$

% Reactancia inductiva (ohmios/km), según la página 65 en el catálogo del

% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,102 ohmios/km. Reactancia

% inductiva calculada 0,0375 ohmios/km.

$$X_{l\_k\_rmg} = (2 * \pi * 50 * L_{rmg});$$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 0,3753

% ohmios.

$$X_{l\_rmg} = (X_{l\_k\_rmg} * L) * (1i);$$

% Reactancia inductiva (ohmios). Reactancia inductiva calculada 0,3753

% ohmios.

$$X_{l\_rmg\_modulo} = \text{abs}(X_{l\_rmg});$$

% Capacidad en (microfaradios/Km), según la página 65 en el catálogo del

% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,435 microfaradios/Km. Capacidad

% calculada 0,118 microfaradios/Km.

$$C_k = 24.2 * 10^{-9} / (\log_{10}(D_{mg}/R_{eq}));$$

% Capacidad en (microfaradios/Km), según la página 65 en el catálogo del

% fabricante prysmiancatalogomt\_2016 es 0,435 microfaradios/Km.

$$C_{k\_fabricante} = 0.435 * 10^{-6};$$

% Susceptancia (s/Km). Susceptancia calculada 37,070 microsiemens/Km.

$$B_k = 2 * \pi * 50 * C_k;$$

% Susceptancia (s). Susceptancia calculada 370,70 microsiemens.

$$B_c = (B_k * L) * (1i);$$

% Reactancia capacitiva (ohmios). Reactancia capacitiva calculada 2697,6

% ohmios.

$$X_{c\_b} = 1/B_c;$$

% Reactancia capacitiva (ohmios\*Km). Reactancia capacitiva calculada 26976  
% ohmios\*Km.

$$X_{ck} = (1/(2*\pi*50*C_k))*(-1i);$$

% Reactancia capacitiva (ohmios\*Km). Reactancia capacitiva calculada según  
% el fabricante 7317,5 ohmios\*Km.

$$X_{ck\_fabricante} = (1/(2*\pi*50*C_{k\_fabricante}))*(-1i);$$

% Reactancia capacitiva (ohmios). Reactancia capacitiva calculada 2697,6  
% ohmios.

$$X_c = X_{ck}/L;$$

% Reactancia capacitiva (ohmios). Reactancia capacitiva calculada según  
% el fabricante 731,75 ohmios.

$$X_{c\_fabricante} = X_{ck\_fabricante}/L;$$

% Reactancia capacitiva (ohmios). Reactancia capacitiva calculada 2697,6  
% ohmios.

$$X_{c\_modulo} = \text{abs}(X_c);$$

% Reactancia capacitiva (ohmios). Reactancia capacitiva calculada según  
% el fabricante 731,7469 ohmios.

$$X_{c\_modulo\_fabricante} = \text{abs}(X_{c\_fabricante});$$

%%%✓  
%%%

% 11) Cálculo de la caída de tensión del conductor a través de la fórmula  
% del momento eléctrico.

$$\% P_{carga}*L = ((\Delta V_{\text{momento}}/100)*(V_{carga}^2))/(\text{RI}_k + \text{XI}_{k\_modulo}*\tan(\theta_{\text{rad}})) \quad \checkmark$$

% P (vatios)-----Pcarga = 2628170 W.

% L (Km)-----L = 10 Km.

% DeltaV\_momento (tanto por ciento, %)----DeltaV\_momento = ¿? %.

% Vcarga (voltios)-----Vcarga =  $20*10^3$  v.

% RI\_k (Ohmios/Km)-----RI\_k = 0,0625 ohmios/km.

% XI\_k (Ohmios/Km)-----XI\_k\_modulo = 0,0751 ohmios/km.

% theta\_rad (radianes)-----theta\_rad = 0,5548 radianes.

% La caída de tensión en tanto por ciento, (%), calculada por momento

% eléctrico es 0,7163 %.

DeltaV\_momento = (((Pcarga\*L)\*(RI\_k + XI\_k\_modulo\*tan(theta\_rad)))/(Vcarga)^2) ✓  
\*100;

%% ✓  
%%

% 12) Cálculo de la caída de tensión del conductor a través de la fórmula  
% del momento eléctrico según los datos del fabricante.

% Pcarga\*L = ((DeltaV\_momento/100)\*(Vcarga)^2)/(RI\_k + ✓  
XI\_k\_modulo\_fabricante\*tan(theta\_rad))

% P (vatios)-----Pcarga = 2628170 W.

% L (Km)-----L = 10 Km.

% DeltaV\_momento (tanto por ciento, %)-----DeltaV\_momento = ¿? %.

% Vcarga (voltios)-----Vcarga = 20\*10^3 v.

% RI\_k (Ohmios/Km)-----RI\_k = 0,0625 ohmios/km.

% XI\_k (Ohmios/Km)-----XI\_k\_modulo\_fabricante = 0,102  
%ohmios/km.

% theta\_rad (radianes)-----theta\_rad = 0,5548 radianes.

% La caída de tensión en tanto por ciento, (%), calculada por momento

% eléctrico es 0,8260 %.

DeltaV\_momento\_fabricante = (((Pcarga\*L)\*(RI\_k + XI\_k\_modulo\_fabricante\*tan ✓  
(theta\_rad)))/(Vcarga)^2)\*100;

%% ✓  
%%

% 13) Cálculo del circuito equivalente de la instalación eléctrica mediante  
% el metodo en T, para así poder calcular los valores límite de eficiencia  
% energética en la línea eléctrica proyectada en media tensión.

% Potencia activa en la carga, la cual equivale a la potencia en el punto 2  
% del circuito equivalente en vatios.

P = Pcarga;

% Tensión de línea en la carga en voltios, equivale a la tensión de línea  
% en el punto 2 del circuito equivalente.

V = Vcarga;

% Tensión de línea en la carga de forma compleja en voltios, equivale a la



% tensión de línea en el punto 2 del circuito equivalente cuándo tomamos  
% como ángulo de referencia 0º en la carga.

V2 = complex(Vcarga,0);

% Tensión de línea en la carga en voltios, equivale a la tensión de línea  
% en el punto 2 del circuito equivalente.

V2\_modulo = abs(V2);

% Reactancia inductiva en ohmios, equivale a la inductancia en serie para  
% el circuito equivalente.

XI\_2 = XI/2;

% Resistencia en ohmios, equivale a la resistencia en serie para el  
% circuito equivalente.

RI\_2 = (complex(R))/2;

% Impedancia en ohmios, equivale a la impedancia en serie para el circuito  
% equivalente.

ZI\_2 = RI\_2 + XI\_2;

% Intensidad de línea en la carga, equivale a la intensidad en amperios  
% para el punto 2 del circuito equivalente. La referencia usada para el  
% cálculo de un circuito equivalente se considera una conexión en estrella,  
% por lo tanto, la intensidad de línea e intensidad de fase son la misma.

I2\_modulo = P/(sqrt(3)\*V2\_modulo\*fp);

% Intensidad en la carga con forma compleja, equivale a la intensidad en  
% amperios para el punto 2 del circuito equivalente. La referencia usada  
% para el cálculo de un circuito equivalente se considera una conexión en  
% estrella, por lo tanto, la intensidad de línea e intensidad de fase son  
% la misma. La intensidad tiene cómo módulo el de I2 y ángulo theta de la  
% carga en radianes, (arccos(0,85)).

I2 = (I2\_modulo)\*(exp((-1i)\*theta\_rad));

% Tensión de fase de la reactancia capacitiva en voltios, equivale a la  
% tensión de fase generada en paralelo por la capacidad del cable en el  
% circuito equivalente.

Vc = (V2/sqrt(3)) + I2\*ZI\_2;

% Intensidad de la reactancia capacitiva en amperios, equivale a la  
% intensidad generada en paralelo por la capacidad del cable en el  
% circuito equivalente.

Ic = Vc/Xc;

% Intensidad de generación con forma compleja, equivale a la intensidad en  
% amperios para el punto 1 del circuito equivalente.

$I1 = I2 + I_c;$

% Intensidad de generación, equivale a la intensidad en amperios para el  
% punto 1 del circuito equivalente.

$I1\_modulo = abs(I1);$

% Tensión de fase en la generación con forma compleja, equivale a la  
% tensión de fase en voltios para el punto 1 del circuito equivalente.

$V1 = I1 * Zl\_2 + Vc;$

% Tensión de línea en la generación con forma compleja, equivale a la  
% tensión de línea en voltios para el punto 1 del circuito equivalente en  
% forma compleja.

$V1\_linea = sqrt(3) * V1;$

% Tensión de línea en la generación, equivale a la tensión de línea en  
% voltios para el punto 1 del circuito equivalente en módulo.

$V1\_linea\_modulo = abs(V1\_linea);$

% Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la tensión  
% de fase en generación o tensión de fase en el punto 1 del circuito  
% equivalente con el método en T. Comprobación que las operaciones  
% realizadas están bien hechas al tener que coincidir V1\_comprobacion de  
% fase con V1 de fase.

$V1\_comprobacion = ((V2/sqrt(3)) * (1 + (Zl\_2/Xc))) + (I2 * (2 * Zl\_2 + (Zl\_2^2/Xc)));$

% Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la tensión  
% de línea en generación o tensión de línea en el punto 1 del circuito  
% equivalente con el método en T. Comprobación que las operaciones  
% realizadas están bien hechas al tener que coincidir V1\_comprobacion\_linea  
% de línea con V1 de línea.

$V1\_comprobacion\_linea = sqrt(3) * V1\_comprobacion;$

% Ecuación reducida del circuito equivalente para el cálculo de la  
% intensidad de generación o intensidad en el punto 1 del circuito  
% equivalente con el método en T. Comprobación que las operaciones  
% realizadas están bien hechas al tener que coincidir I1\_comprobacion con  
% I1

$I1\_comprobacion = ((V2/sqrt(3))/Xc) + (I2 * (1 + (Zl\_2/Xc)));$

% Ángulo de la tensión en el punto 1 del circuito equivalente en el método  
% en T, generación.

angulo\_V1 = angle(V1);

% Ángulo de la tensión en el punto 2 o en la carga del circuito equivalente  
% en el método en T. Usamos como ángulo de referencia 0º en la carga.

angulo\_V2 = angle(V2);

% Ángulo de la intensidad en el punto 1 o generación del circuito  
% equivalente en el método en T.

angulo\_I1 = angle(I1);

% Ángulo de desfase en el punto 1 o generación del circuito equivalente en  
% el método en T en radianes.

angulo\_punto\_1\_rad = angulo\_V1 - angulo\_I1;

% Ángulo de desfase en el punto 1 o generación del circuito equivalente en  
% el método en T en grados.

angulo\_punto\_1\_grados = angulo\_punto\_1\_rad\*(180/pi);

% Ángulo de regulación de potencia transportada del circuito equivalente en  
% el método en T en radianes, generación. Cómo el resultado da un valor  
% positivo de 0,0025 radianes, la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> puede ser la  
% correcta debido a que la corriente circulará desde la generación a la  
% carga, situación deseada.

angulo\_regulacion\_rad = angulo\_V1 - angulo\_V2;

% **Ángulo de regulación** de potencia transportada del circuito equivalente en  
% el método en T en grados, generación. Cómo el resultado da un valor  
% positivo de **0,1424 grados**, la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> puede ser la  
% correcta debido a que la corriente circulará desde la generación a la  
% carga, situación deseada.

angulo\_regulacion\_grados = angulo\_regulacion\_rad\*(180/pi);

% Cálculo de la potencia activa en el punto 2 en watios del circuito  
% equivalente en el método en T, carga. Valor que debe ser inferior a la  
% potencia de generación, punto 1, y coincidir con la potencia de carga.

P2 = sqrt(3)\*V2\_modulo\*I2\_modulo\*cos(theta\_rad);

% Cálculo de la potencia reactiva en el punto 2 o carga en voltiamperios  
% reactivos del circuito equivalente en el método en T.

Q2 = sqrt(3)\*V2\_modulo\*I2\_modulo\*sin(theta\_rad);

% Cálculo de la potencia aparente en el punto 2 o carga en voltiamperios  
% del circuito equivalente en el método en T.

$S2 = \sqrt{3} * V2\_modulo * I2\_modulo;$

% Cálculo de la potencia activa en el punto 1 o generación en watios del  
% circuito equivalente en el método en T. Valor que debe ser superior a  
% la potencia de carga, punto 2.

$P1 = \sqrt{3} * V1\_linea\_modulo * I1\_modulo * \cos(angulo\_punto\_1\_rad);$

% Cálculo de la potencia reactiva en el punto 1 o generación en  
% voltiamperios reactivos del circuito equivalente en el método en T.

$Q1 = \sqrt{3} * V1\_linea\_modulo * I1\_modulo * \sin(angulo\_punto\_1\_rad);$

% Cálculo de la potencia aparente en el punto 1 o generación en  
% voltiamperios del circuito equivalente en el método en T.

$S1 = \sqrt{3} * V1\_linea\_modulo * I1\_modulo;$

% Cálculo de la **caída de tensión** en porcentaje del circuito equivalente por  
% el método en T. Valor calculado **0,6977 %**.

$\Delta V = ((V1\_linea\_modulo - V2\_modulo) / V1\_linea\_modulo) * 100;$

% Cálculo de la **potencia perdida** en porcentaje del circuito equivalente por  
% el método en T. Valor calculado **0,5515 %**.







































$\Delta P = ((P1 - P2) / P1) * 100;$







































% Cálculo de la **eficiencia energética** en porcentaje del circuito  
% equivalente por el método en T. Valor calculado **99,4485 %**.







































$Eficiencia = (P2 / P1) * 100;$





















% Cálculo de la **potencia máxima** a transportar en watios del circuito  
% equivalente por el método en T. Como el resultado da un valor de  
%  **$13,336 * 10^6$  watios**, la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> será la correcta  
% debido a que la potencia máxima generada es superior a la potencia de la  
% carga.

$P_{max} = ((V1\_linea\_modulo * V2\_modulo) / Xl\_k\_modulo) * \sin(angulo\_regulacion\_rad);$







































Name 	Value
 angulo_l1	-0.5129
 angulo_punto_1_grados	29.5288
 angulo_punto_1_rad	0.5154
 angulo_regulacion_grados	0.1424
 angulo_regulacion_rad	0.0025
 angulo_V1	0.0025
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.7070e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.5515
 DeltaV	0.6977
 DeltaV_momento	0.7163
 DeltaV_momento_fabricante	0.8260
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.1860
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.4485
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	75.8636-42.7234i
 l1_comprobacion	75.8636-42.7234i
 l1_modulo	87.0665
 l2	75.8687-47.0192i
 l2_modulo	89.2573
 lc	-0.0051 + 4.2958i
 lc1	44.6287 + 0.0000i
 lc2	-22.3143 - 38.6496i
 lc3	-22.3143 + 38.6496i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>44.6287</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10
 LambdaR1	0.0107
 LambdaR2	0.0107
 LambdaS1	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaS2	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaT1	-0.0053 + 0.0092i
 LambdaT2	-0.0053 + 0.0092i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	2628170
 P1	2.6427e+06
 P2	2628170
 Pcarga	2628170
 Pcarga_alumbrado	7930
 Pcarga_alumbrado_VA	8.2604e+03
 Pcarga_naves	2620240
 Pcarga_naves_VA	3.0826e+06
 Pcarga_VA	3.0920e+06
 <b>Pmax</b>	<b>1.3336e+07</b>
 Q1	1.4970e+06
 Q2	1.6288e+06
 r	0.0140
 R	0.6250
 R1R1	201.6635







































Name 	Value
 R1R2	61.8685
 R1S1	-7.4178e+01-1.2848e+02i
 R1S2	-30.9342-53.5797i
 R1T1	-7.4178e+01+1.2848e+02i
 R1T2	-30.9342+53.5797i
 Req	0.0592
 Rk_momento	0.5131
 RI_2	0.3125
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.0373e+06
 S2	3.0920e+06
 Sk_momento	55.0861
 <b>tcc</b>	<b>1.7245</b>
 tcc_fabricante	1.7245
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	28.2815
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1628e+04+2.8893e+01i
 V1_comprobacion	1.1628e+04+2.8893e+01i
 V1_comprobacion_linea	2.0140e+04+5.0045e+01i
 V1_linea	2.0140e+04+5.0045e+01i
 V1_linea_modulo	2.0141e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1588e+04+1.3776e+01i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6976e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6976e+03i





















Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+02i
 Xc_modulo	2.6976e+03
 Xc_modulo_fabricante	731.7469
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7505i
 XI_2	0.0000 + 0.3753i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0200i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7505
 XI_modulo_fabricante	1.0200
 XI_rmg	0.0000 + 0.3753i
 XI_rmg_modulo	0.3753
 ZI_2	0.3125 + 0.3753i















































































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1662
 angulo_punto_1_grados	9.5459
 angulo_punto_1_rad	0.1666
 angulo_regulacion_grados	0.0240
 angulo_regulacion_rad	4.1858e-04
 angulo_V1	4.1858e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.7296e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0626
 DeltaV	0.0764
 DeltaV_momento	0.0905
 DeltaV_momento_fabricante	0.1044
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0234
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9374
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.5311 - 1.5987i
 l1_comprobacion	9.5311 - 1.5987i
 l1_modulo	9.6643
 l2	9.5318 - 5.9073i
 l2_modulo	11.2138
 lc	-0.0006 + 4.3086i
 lc1	5.6069 + 0.0000i
 lc2	-2.8035 - 4.8557i
 lc3	-2.8035 + 4.8557i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.6069</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.0610
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaS2	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaT1	-0.0007 + 0.0012i
 LambdaT2	-0.0007 + 0.0012i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	330190
 P1	3.3040e+05
 P2	330190
 Pcarga	330190
 Pcarga_alumbrado	0
 Pcarga_alumbrado_VA	0
 Pcarga_naves	330190
 Pcarga_naves_VA	3.8846e+05
 Pcarga_VA	3.8846e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.2326e+06</b>
 Q1	5.5561e+04
 Q2	2.0463e+05
 r	0.0140
 R	0.6288
 R1R1	25.3360





















Name 	Value
 R1R2	7.7728
 R1S1	-9.3194 - 16.1416i
 R1S2	-3.8864 - 6.7315i
 R1T1	-9.3194 + 16.1416i
 R1T2	-3.8864 + 6.7315i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.7725
 RI_2	0.3144
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.3504e+05
 S2	3.8846e+05
 Sk_momento	4.8963
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0518
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+4.8371e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+4.8371e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0015e+04+8.3780e+00i
 V1_linea	2.0015e+04+8.3780e+00i
 V1_linea_modulo	2.0015e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7413e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6812e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6812e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.2731e+02i
 Xc_modulo	2.6812e+03
 Xc_modulo_fabricante	727.3139
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7551i
 XI_2	0.0000 + 0.3775i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0262i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7551
 XI_modulo_fabricante	1.0262
 XI_rmg	0.0000 + 0.3775i
 XI_rmg_modulo	0.3775
 ZI_2	0.3144 + 0.3775i







































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1659
 angulo_punto_1_grados	9.5289
 angulo_punto_1_rad	0.1663
 angulo_regulacion_grados	0.0240
 angulo_regulacion_rad	4.1965e-04
 angulo_V1	4.1965e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.7353e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0627
 DeltaV	0.0766
 DeltaV_momento	0.0908
 DeltaV_momento_fabricante	0.1047
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0234
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9373
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.5392 - 1.5971i
 l1_comprobacion	9.5392 - 1.5971i
 l1_modulo	9.6720
 l2	9.5398 - 5.9123i
 l2_modulo	11.2233
 lc	-0.0007 + 4.3151i
 lc1	5.6117 + 0.0000i
 lc2	-2.8058 - 4.8599i
 lc3	-2.8058 + 4.8599i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.6117</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.0763
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaS2	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaT1	-0.0007 + 0.0012i
 LambdaT2	-0.0007 + 0.0012i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	330470
 P1	3.3068e+05
 P2	3.3047e+05
 Pcarga	330470
 Pcarga_alumbrado	0
 Pcarga_alumbrado_VA	0
 Pcarga_naves	330470
 Pcarga_naves_VA	3.8879e+05
 Pcarga_VA	3.8879e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.2384e+06</b>
 Q1	5.5508e+04
 Q2	2.0481e+05
 r	0.0140
 R	0.6298
 R1R1	25.3575







































Name 	Value
 R1R2	7.7794
 R1S1	-9.3273 - 16.1553i
 R1S2	-3.8897 - 6.7372i
 R1T1	-9.3273 + 16.1553i
 R1T2	-3.8897 + 6.7372i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.7583
 RI_2	0.3149
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.3530e+05
 S2	3.8879e+05
 Sk_momento	4.9084
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0519
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+4.8495e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+4.8495e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0015e+04+8.3995e+00i
 V1_linea	2.0015e+04+8.3995e+00i
 V1_linea_modulo	2.0015e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7455e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6772e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6772e+03i





















Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.2621e+02i
 Xc_modulo	2.6772e+03
 Xc_modulo_fabricante	726.2066
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7562i
 XI_2	0.0000 + 0.3781i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0278i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7562
 XI_modulo_fabricante	1.0278
 XI_rmg	0.0000 + 0.3781i
 XI_rmg_modulo	0.3781
 ZI_2	0.3149 + 0.3781i















































































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1464
 angulo_punto_1_grados	8.4093
 angulo_punto_1_rad	0.1468
 angulo_regulacion_grados	0.0240
 angulo_regulacion_rad	4.1869e-04
 angulo_V1	4.1869e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.7893e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0616
 DeltaV	0.0748
 DeltaV_momento	0.0894
 DeltaV_momento_fabricante	0.1031
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0227
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9384
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.2667 - 1.3660i
 l1_comprobacion	9.2667 - 1.3660i
 l1_modulo	9.3668
 l2	9.2673 - 5.7434i
 l2_modulo	10.9028
 lc	-0.0007 + 4.3774i
 lc1	5.4514 + 0.0000i
 lc2	-2.7257 - 4.7210i
 lc3	-2.7257 + 4.7210i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.4514</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.2218
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007-0.0011i
 LambdaS2	-0.0007-0.0011i
 LambdaT1	-0.0007+0.0011i
 LambdaT2	-0.0007+0.0011i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	321030
 P1	3.2123e+05
 P2	321030
 Pcarga	321030
 Pcarga_alumbrado	1950
 Pcarga_alumbrado_VA	2.0313e+03
 Pcarga_naves	319080
 Pcarga_naves_VA	3.7539e+05
 Pcarga_VA	3.7768e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.2332e+06</b>
 Q1	4.7488e+04
 Q2	1.9896e+05
 r	0.0140
 R	0.6389
 R1R1	24.6331





















Name 	Value
 R1R2	7.5572
 R1S1	-9.0608 - 15.6938i
 R1S2	-3.7786 - 6.5447i
 R1T1	-9.0608 + 15.6938i
 R1T2	-3.7786 + 6.5447i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.8468
 RI_2	0.3194
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.2472e+05
 S2	3.7768e+05
 Sk_momento	4.8341
 <b>tcc</b>	<b>1.7596</b>
 tcc_fabricante	1.7596
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0490
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+4.8383e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+4.8383e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0015e+04+8.3801e+00i
 V1_linea	2.0015e+04+8.3801e+00i
 V1_linea_modulo	2.0015e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7201e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6390e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6390e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.1587e+02i
 Xc_modulo	2.6390e+03
 Xc_modulo_fabricante	715.8668
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7672i
 XI_2	0.0000 + 0.3836i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0426i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7672
 XI_modulo_fabricante	1.0426
 XI_rmg	0.0000 + 0.3836i
 XI_rmg_modulo	0.3836
 ZI_2	0.3194 + 0.3836i







































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1516
 angulo_punto_1_grados	8.7104
 angulo_punto_1_rad	0.1520
 angulo_regulacion_grados	0.0243
 angulo_regulacion_rad	4.2338e-04
 angulo_V1	4.2338e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.7950e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0626
 DeltaV	0.0761
 DeltaV_momento	0.0907
 DeltaV_momento_fabricante	0.1046
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0230
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9374
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.3873 - 1.4341i
 l1_comprobacion	9.3873 - 1.4341i
 l1_modulo	9.4963
 l2	9.3880 - 5.8182i
 l2_modulo	11.0447
 lc	-0.0007 + 4.3840i
 lc1	5.5224 + 0.0000i
 lc2	-2.7612 - 4.7825i
 lc3	-2.7612 + 4.7825i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.5224</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.2372
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007-0.0011i
 LambdaS2	-0.0007-0.0011i
 LambdaT1	-0.0007+0.0011i
 LambdaT2	-0.0007+0.0011i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	325210
 P1	3.2541e+05
 P2	3.2521e+05
 Pcarga	325210
 Pcarga_alumbrado	1950
 Pcarga_alumbrado_VA	2.0313e+03
 Pcarga_naves	323260
 Pcarga_naves_VA	3.8031e+05
 Pcarga_VA	382600
 <b>Pmax</b>	<b>2.2582e+06</b>
 Q1	4.9856e+04
 Q2	2.0155e+05
 r	0.0140
 R	0.6398
 R1R1	24.9539







































Name 	Value
 R1R2	7.6556
 R1S1	-9.1788 - 15.8982i
 R1S2	-3.8278 - 6.6300i
 R1T1	-9.1788 + 15.8982i
 R1T2	-3.8278 + 6.6300i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.7595
 RI_2	0.3199
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.2921e+05
 S2	3.8260e+05
 Sk_momento	4.9074
 <b>tcc</b>	<b>1.7596</b>
 tcc_fabricante	1.7596
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0502
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+4.8925e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+4.8925e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0015e+04+8.4740e+00i
 V1_linea	2.0015e+04+8.4740e+00i
 V1_linea_modulo	2.0015e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7451e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6351e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6351e+03i





















Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.1479e+02i
 Xc_modulo	2.6351e+03
 Xc_modulo_fabricante	714.7941
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7683i
 XI_2	0.0000 + 0.3842i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0442i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7683
 XI_modulo_fabricante	1.0442
 XI_rmg	0.0000 + 0.3842i
 XI_rmg_modulo	0.3842
 ZI_2	0.3199 + 0.3842i















































































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1668
 angulo_punto_1_grados	9.5812
 angulo_punto_1_rad	0.1672
 angulo_regulacion_grados	<b>0.0250</b>
 angulo_regulacion_rad	4.3659e-04
 angulo_V1	4.3659e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.8072e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	<b>0.0653</b>
 DeltaV	<b>0.0797</b>
 DeltaV_momento	0.0945
 DeltaV_momento_fabricante	0.1089
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0239
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	<b>99.9347</b>
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.7427 - 1.6402i
 l1_comprobacion	9.7427 - 1.6402i
 l1_modulo	9.8798
 l2	9.7434 - 6.0384i
 l2_modulo	11.4628
 lc	-0.0007 + 4.3982i
 lc1	5.7314 + 0.0000i
 lc2	-2.8657 - 4.9635i
 lc3	-2.8657 + 4.9635i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.7314</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.2701
 LambdaR1	0.0014
 LambdaR2	0.0014
 LambdaS1	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaS2	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaT1	-0.0007 + 0.0012i
 LambdaT2	-0.0007 + 0.0012i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	337520
 P1	3.3774e+05
 P2	337520
 Pcarga	337520
 Pcarga_alumbrado	0
 Pcarga_alumbrado_VA	0
 Pcarga_naves	337520
 Pcarga_naves_VA	3.9708e+05
 Pcarga_VA	3.9708e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.3288e+06</b>
 Q1	5.7011e+04
 Q2	2.0918e+05
 r	0.0140
 R	0.6419
 R1R1	25.8984





















Name 	Value
 R1R2	7.9454
 R1S1	-9.5262 - 16.4999i
 R1S2	-3.9727 - 6.8809i
 R1T1	-9.5262 + 16.4999i
 R1T2	-3.9727 + 6.8809i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.5218
 RI_2	0.3209
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.4252e+05
 S2	3.9708e+05
 Sk_momento	5.1186
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0541
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+5.0453e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+5.0453e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0016e+04+8.7387e+00i
 V1_linea	2.0016e+04+8.7387e+00i
 V1_linea_modulo	2.0016e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.8170e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6266e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6266e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.1250e+02i
 Xc_modulo	2.6266e+03
 Xc_modulo_fabricante	712.5022
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7708i
 XI_2	0.0000 + 0.3854i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0476i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7708
 XI_modulo_fabricante	1.0476
 XI_rmg	0.0000 + 0.3854i
 XI_rmg_modulo	0.3854
 ZI_2	0.3209 + 0.3854i







































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1523
 angulo_punto_1_grados	8.7510
 angulo_punto_1_rad	0.1527
 angulo_regulacion_grados	0.0245
 angulo_regulacion_rad	4.2785e-04
 angulo_V1	4.2785e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.8128e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0633
 DeltaV	0.0770
 DeltaV_momento	0.0917
 DeltaV_momento_fabricante	0.1058
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0232
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9367
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.4462 - 1.4500i
 l1_comprobacion	9.4462 - 1.4500i
 l1_modulo	9.5569
 l2	9.4469 - 5.8547i
 l2_modulo	11.1140
 lc	-0.0007 + 4.4047i
 lc1	5.5570 + 0.0000i
 lc2	-2.7785 - 4.8125i
 lc3	-2.7785 + 4.8125i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.5570</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.2854
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007-0.0011i
 LambdaS2	-0.0007-0.0011i
 LambdaT1	-0.0007+0.0011i
 LambdaT2	-0.0007+0.0011i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	327250
 P1	3.2746e+05
 P2	327250
 Pcarga	327250
 Pcarga_alumbrado	0
 Pcarga_alumbrado_VA	0
 Pcarga_naves	327250
 Pcarga_naves_VA	385000
 Pcarga_VA	385000
 <b>Pmax</b>	<b>2.2821e+06</b>
 Q1	5.0407e+04
 Q2	2.0281e+05
 r	0.0140
 R	0.6428
 R1R1	25.1104







































Name 	Value
 R1R2	7.7036
 R1S1	-9.2364 - 15.9979i
 R1S2	-3.8518 - 6.6715i
 R1T1	-9.2364 + 15.9979i
 R1T2	-3.8518 + 6.6715i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.6940
 RI_2	0.3214
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.3131e+05
 S2	385000
 Sk_momento	4.9638
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0509
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+4.9442e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+4.9442e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0015e+04+8.5636e+00i
 V1_linea	2.0015e+04+8.5636e+00i
 V1_linea_modulo	2.0015e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7643e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.6227e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.6227e+03i





















Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.1144e+02i
 Xc_modulo	2.6227e+03
 Xc_modulo_fabricante	711.4409
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7719i
 XI_2	0.0000 + 0.3860i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0491i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7719
 XI_modulo_fabricante	1.0491
 XI_rmg	0.0000 + 0.3860i
 XI_rmg_modulo	0.3860
 ZI_2	0.3214 + 0.3860i















































































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1467
 angulo_punto_1_grados	8.4306
 angulo_punto_1_rad	0.1471
 angulo_regulacion_grados	0.0250
 angulo_regulacion_rad	4.3623e-04
 angulo_V1	4.3623e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.8668e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0642
 DeltaV	0.0780
 DeltaV_momento	0.0932
 DeltaV_momento_fabricante	0.1075
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0232
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9358
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.4637 - 1.3984i
 l1_comprobacion	9.4637 - 1.3984i
 l1_modulo	9.5664
 l2	9.4644 - 5.8655i
 l2_modulo	11.1345
 lc	-0.0007 + 4.4671i
 lc1	5.5673 + 0.0000i
 lc2	-2.7836 - 4.8214i
 lc3	-2.7836 + 4.8214i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.5673</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.4310
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaS2	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaT1	-0.0007 + 0.0012i
 LambdaT2	-0.0007 + 0.0012i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	327855
 P1	3.2807e+05
 P2	327855
 Pcarga	327855
 Pcarga_alumbrado	2.0150e+03
 Pcarga_alumbrado_VA	2.0990e+03
 Pcarga_naves	325840
 Pcarga_naves_VA	3.8334e+05
 Pcarga_VA	3.8571e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.3268e+06</b>
 Q1	4.8623e+04
 Q2	2.0319e+05
 r	0.0140
 R	0.6519
 R1R1	25.1568





















Name 	Value
 R1R2	7.7179
 R1S1	-9.2535 - 16.0275i
 R1S2	-3.8589 - 6.6839i
 R1T1	-9.2535 + 16.0275i
 R1T2	-3.8589 + 6.6839i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.6003
 RI_2	0.3260
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.3165e+05
 S2	3.8571e+05
 Sk_momento	5.0468
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0511
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+5.0411e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+5.0411e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0016e+04+8.7314e+00i
 V1_linea	2.0016e+04+8.7314e+00i
 V1_linea_modulo	2.0016e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7926e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.5861e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.5861e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.0151e+02i
 Xc_modulo	2.5861e+03
 Xc_modulo_fabricante	701.5144
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7828i
 XI_2	0.0000 + 0.3914i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0640i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7828
 XI_modulo_fabricante	1.0640
 XI_rmg	0.0000 + 0.3914i
 XI_rmg_modulo	0.3914
 ZI_2	0.3260 + 0.3914i







































Name 	Value
 angulo_l1	-0.1471
 angulo_punto_1_grados	8.4554
 angulo_punto_1_rad	0.1476
 angulo_regulacion_grados	0.0251
 angulo_regulacion_rad	4.3780e-04
 angulo_V1	4.3780e-04
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.8725e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.0645
 DeltaV	0.0783
 DeltaV_momento	0.0936
 DeltaV_momento_fabricante	0.1079
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.0233
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.9355
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	9.4865 - 1.4060i
 l1_comprobacion	9.4865 - 1.4060i
 l1_modulo	9.5901
 l2	9.4872 - 5.8796i
 l2_modulo	11.1614
 lc	-0.0007 + 4.4736i
 lc1	5.5807 + 0.0000i
 lc2	-2.7903 - 4.8330i
 lc3	-2.7903 + 4.8330i







































Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>5.5807</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.4463
 LambdaR1	0.0013
 LambdaR2	0.0013
 LambdaS1	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaS2	-0.0007 - 0.0012i
 LambdaT1	-0.0007 + 0.0012i
 LambdaT2	-0.0007 + 0.0012i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	328645
 P1	3.2886e+05
 P2	3.2864e+05
 Pcarga	328645
 Pcarga_alumbrado	2.0150e+03
 Pcarga_alumbrado_VA	2.0990e+03
 Pcarga_naves	326630
 Pcarga_naves_VA	3.8427e+05
 Pcarga_VA	3.8664e+05
 <b>Pmax</b>	<b>2.3352e+06</b>
 Q1	4.8886e+04
 Q2	2.0368e+05
 r	0.0140
 R	0.6529
 R1R1	25.2174







































Name 	Value
 R1R2	7.7365
 R1S1	-9.2758 - 16.0661i
 R1S2	-3.8682 - 6.7000i
 R1T1	-9.2758 + 16.0661i
 R1T2	-3.8682 + 6.7000i
 Req	0.0592
 Rk_momento	5.5777
 RI_2	0.3264
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.3247e+05
 S2	3.8664e+05
 Sk_momento	5.0673
 <b>tcc</b>	<b>1.7595</b>
 tcc_fabricante	1.7595
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	25.0513
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1556e+04+5.0593e+00i
 V1_comprobacion	1.1556e+04+5.0593e+00i
 V1_comprobacion_linea	2.0016e+04+8.7629e+00i
 V1_linea	2.0016e+04+8.7629e+00i
 V1_linea_modulo	2.0016e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1552e+04+1.7996e+00i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.5823e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.5823e+03i





















Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-7.0048e+02i
 Xc_modulo	2.5823e+03
 Xc_modulo_fabricante	700.4843
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7840i
 XI_2	0.0000 + 0.3920i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0655i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7840
 XI_modulo_fabricante	1.0655
 XI_rmg	0.0000 + 0.3920i
 XI_rmg_modulo	0.3920
 ZI_2	0.3264 + 0.3920i



Name 	Value
 angulo_l1	-0.5106
 angulo_punto_1_grados	29.4051
 angulo_punto_1_rad	0.5132
 angulo_regulacion_grados	0.1503
 angulo_regulacion_rad	0.0026
 angulo_V1	0.0026
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.9045e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.5800
 DeltaV	0.7338
 DeltaV_momento	0.7544
 DeltaV_momento_fabricante	0.8700
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.1860
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.4200
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	75.8631-42.4937i
 l1_comprobacion	75.8631-42.4937i
 l1_modulo	86.9536
 l2	75.8687-47.0192i
 l2_modulo	89.2573
 lc	-0.0057+4.5255i
 lc1	44.6287+0.0000i
 lc2	-22.3143-38.6496i
 lc3	-22.3143+38.6496i

Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>44.6287</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.5326
 LambdaR1	0.0107
 LambdaR2	0.0107
 LambdaS1	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaS2	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaT1	-0.0053 + 0.0092i
 LambdaT2	-0.0053 + 0.0092i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	2628170
 P1	2.6435e+06
 P2	2628170
 Pcarga	2628170
 Pcarga_alumbrado	7930
 Pcarga_alumbrado_VA	8.2604e+03
 Pcarga_naves	2620240
 Pcarga_naves_VA	3.0826e+06
 Pcarga_VA	3.0920e+06
 <b>Pmax</b>	<b>1.4081e+07</b>
 Q1	1.4898e+06
 Q2	1.6288e+06
 r	0.0140
 R	0.6583
 R1R1	201.6635

Name 	Value
 R1R2	61.8685
 R1S1	-7.4178e+01-1.2848e+02i
 R1S2	-30.9342-53.5797i
 R1T1	-7.4178e+01+1.2848e+02i
 R1T2	-30.9342+53.5797i
 Req	0.0592
 Rk_momento	0.4746
 RI_2	0.3291
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.0344e+06
 S2	3.0920e+06
 Sk_momento	59.5520
 <b>tcc</b>	<b>1.7245</b>
 tcc_fabricante	1.7245
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	28.2815
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1632e+04+3.0507e+01i
 V1_comprobacion	1.1632e+04+3.0507e+01i
 V1_comprobacion_linea	2.0148e+04+5.2840e+01i
 V1_linea	2.0148e+04+5.2840e+01i
 V1_linea_modulo	2.0148e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1591e+04+1.4510e+01i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.5612e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.5612e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-6.9475e+02i
 Xc_modulo	2.5612e+03
 Xc_modulo_fabricante	694.7474
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7905i
 XI_2	0.0000 + 0.3952i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0743i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7905
 XI_modulo_fabricante	1.0743
 XI_rmg	0.0000 + 0.3952i
 XI_rmg_modulo	0.3952
 ZI_2	0.3291 + 0.3952i

HIPÓTESIS DE PARTIDA												
DATOS DE PARTIDA		SUPERFICIE			CARGA				TRANSFORMADOR			
		Total (m²)	Útil (m²)	Planos	Potencia (Kw)	Potencia (Kva)	cos ϕ	Planos	Potencia (Kva)	Carga (%)	LA	Planos
CT 1	Nave 1	663,09	288,75	3, 4, 6	36,090	42,459	0,85	5, 6	400,00	10,61%	1.1	5, 6
	Nave 2	605,96	431,88	3, 4, 6	53,990	63,518	0,85	5, 6	400,00	15,88%	1.2	5, 6
	Nave 6	698,67	488,54	3, 4, 6	61,070	71,847	0,85	5, 6	400,00	17,96%	1.3	5, 6
	Nave 7	687,17	477,09	3, 4, 6	59,640	70,165	0,85	5, 6	400,00	17,54%	1.4	5, 6
	Nave 8	683,93	473,92	3, 4, 6	59,240	69,694	0,85	5, 6	400,00	17,42%	1.5	5, 6
	Nave 9	691,31	481,26	3, 4, 6	60,160	70,776	0,85	5, 6	400,00	17,69%	1.6	5, 6
	Total	4030,13	2641,44	3, 4, 6	330,190	388,459	0,85	5, 6	400,00	97,11%	1	5, 6
CT 2	Nave 3	759,87	549,34	3, 4, 6	68,670	80,788	0,85	5, 6	400,00	20,20%	2.1	5, 6
	Nave 4	732,86	522,39	3, 4, 6	65,300	76,824	0,85	5, 6	400,00	19,21%	2.2	5, 6
	Nave 5	711,95	501,78	3, 4, 6	62,720	73,788	0,85	5, 6	400,00	18,45%	2.3	5, 6
	Nave 10	702,93	492,86	3, 4, 6	61,610	72,482	0,85	5, 6	400,00	18,12%	2.4	5, 6
	Nave11	815,61	577,36	3, 4, 6	72,170	84,906	0,85	5, 6	400,00	21,23%	2.5	5, 6
	Total	3723,22	2643,73	3, 4, 6	330,470	388,788	0,85	5, 6	400,00	97,20%	2	5, 6
CT 5	Nave 12	877,46	638,78	3, 4, 6	79,850	93,941	0,85	5, 6	400,00	23,49%	5.1	5, 6
	Nave 13	810,44	599,82	3, 4, 6	74,980	88,212	0,85	5, 6	400,00	22,05%	5.2	5, 6
	Nave 14	845,84	635,03	3, 4, 6	79,380	93,388	0,85	5, 6	400,00	23,35%	5.3	5, 6
	Nave 15	890,16	678,97	3, 4, 6	84,870	99,847	0,85	5, 6	400,00	24,96%	5.4	5, 6
	Alumbrado 1	NA	NA	NA	1,950	2,031	0,96	5, 7	400,00	0,51%	5.5	5, 7
	Total	3423,90	2552,60	3, 4, 6	321,030	377,682	0,85	5, 6, 7	400,00	94,42%	5	5, 6, 7
CT 6	Nave 16	937,15	725,98	3, 4, 6	90,750	106,765	0,85	5, 6	400,00	26,69%	6.1	5, 6
	Nave 17	985,2	774,17	3, 4, 6	96,770	113,847	0,85	5, 6	400,00	28,46%	6.2	5, 6
	Nave 18	674,58	411,98	3, 4, 6	51,500	60,588	0,85	5, 6	400,00	15,15%	6.3	5, 6
	Nave 19	943,58	673,93	3, 4, 6	84,240	99,106	0,85	5, 6	400,00	24,78%	6.4	5, 6
	Alumbrado 2	NA	NA	NA	1,950	2,031	0,96	5, 7	400,00	0,51%	6.5	5, 7
	Total	3540,51	2586,06	3, 4, 6	325,210	382,600	0,85	5, 6, 7	400,00	95,65%	6	5, 6, 7
CT 3	Nave 20	1474,01	999,20	3, 4, 6	124,900	146,941	0,85	5, 6	400,00	36,74%	3.1	5, 6
	Nave 21	1027,37	817,13	3, 4, 6	102,140	120,165	0,85	5, 6	400,00	30,04%	3.2	5, 6
	Nave 22	1006,89	796,69	3, 4, 6	99,590	117,165	0,85	5, 6	400,00	29,29%	3.3	5, 6
	Alumbrado 3	NA	NA	NA	2,015	2,099	0,96	5, 7	400,00	0,52%	3.4	5, 7
	Total	3508,27	2613,02	3, 4, 6	328,645	386,641	0,85	5, 6, 7	400,00	96,66%	3	5, 6, 7
CT 4	Nave 23	984,18	773,79	3, 4, 6	96,720	113,788	0,85	5, 6	400,00	28,45%	4.1	5, 6
	Nave 24	953,04	742,41	3, 4, 6	92,800	109,176	0,85	5, 6	400,00	27,29%	4.2	5, 6
	Nave 25	915,07	704,02	3, 4, 6	88,000	103,529	0,85	5, 6	400,00	25,88%	4.3	5, 6
	Nave 29	809,94	386,52	3, 4, 6	48,320	56,847	0,85	5, 6	400,00	14,21%	4.4	5, 6
	Alumbrado 4	NA	NA	NA	2,015	2,099	0,96	5, 7	400,00	0,52%	4.5	5, 7
	Total	3662,23	2606,74	3, 4, 6	327,855	385,712	0,85	5, 6, 7	400,00	96,43%	4	5, 6, 7
CT 7	Nave 26	979,43	739,12	3, 4, 6	92,390	108,694	0,85	5, 6	400,00	27,17%	7.1	5, 6
	Nave 27	770,25	512,42	3, 4, 6	64,050	75,353	0,85	5, 6	400,00	18,84%	7.2	5, 6
	Nave 28	900,58	476,85	3, 4, 6	59,610	70,129	0,85	5, 6	400,00	17,53%	7.3	5, 6
	Nave 30	678,16	404,09	3, 4, 6	50,510	59,424	0,85	5, 6	400,00	14,86%	7.4	5, 6
	Nave 31	711,17	485,50	3, 4, 6	60,690	71,400	0,85	5, 6	400,00	17,85%	7.5	5, 6
	Total	4039,59	2617,98	3, 4, 6	327,250	385,000	0,85	5, 6	400,00	96,25%	7	5, 6
CT 8	Nave 32	1049,57	837,37	3, 4, 6	104,670	123,141	0,85	5, 6	400,00	30,79%	8.1	5, 6
	Nave 33	1089,33	852,38	3, 4, 6	106,550	125,353	0,85	5, 6	400,00	31,34%	8.2	5, 6
	Nave 34	877,68	653,56	3, 4, 6	81,700	96,118	0,85	5, 6	400,00	24,03%	8.3	5, 6
	Nave 35	736,68	356,80	3, 4, 6	44,600	52,471	0,85	5, 6	400,00	13,12%	8.4	5, 6
	Total	3753,26	2700,11	3, 4, 6	337,520	397,082	0,85	5, 6	400,00	99,27%	8	5, 6
Total		29681,11	20961,68	3, 4, 6	2628,170	3091,965	0,85	5, 6, 7	3200,00	96,62%	A	5, 6, 7

Tabla 2.2.5.1 – Hipótesis de partida

PREVISIÓN DE CARGA POLÍGONO INDUSTRIAL																				
RED MEDIA TENSIÓN	LÍNEA DE ALIMENTACIÓN																			
	A		1		2		5		6		8		7		4		3		9	
	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO
	Subestación	CS	CS	CT 1	CT 1	CT 2	CT 2	CT 5	CT 5	CT 6	CT 6	CT 8	CT 8	CT 7	CT 7	CT 4	CT 4	CT 3	CT 3	CS
Tensión (V)	20000		20000		20000		20000		20000		20000		20000		20000		20000		20000	
Potencia Naves (Kw)	2620,240		330,190		330,470		319,080		323,260		337,520		327,250		325,840		326,630		2620,240	
Potencia Alumbrado (Kw)	7,930		0,000		0,000		1,950		1,950		0,000		0,000		2,015		2,015		7,930	
Potencia Carga (Kw)	2628,170		330,190		330,470		321,030		325,210		337,520		327,250		327,855		328,645		2628,170	
Potencia Carga (Kva)	3091,965		388,459		388,788		377,682		382,600		397,082		385,000		385,712		386,641		3091,965	
cosφ	0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		0,85	
Ternos	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	
Intensidad Carga (A)	44,6287		5,6069		5,6117		5,4514		5,5224		5,7314		5,5570		5,5673		5,5807		44,6287	
K_terreno	0,97		0,97		0,97		0,97		0,97		0,97		0,97		0,97		0,97		0,97	
K_resistividad	0,73		0,73		0,73		0,73		0,73		0,73		0,73		0,73		0,73		0,73	
K_ternos	0,83		0,83		0,83		0,83		0,83		0,83		0,83		0,83		0,83		0,83	
K_profundidad	0,96		0,96		0,96		0,96		0,96		0,96		0,96		0,96		0,96		0,96	
K_temperatura_aire	1,07		1,07		1,07		1,07		1,07		1,07		1,07		1,07		1,07		1,07	
K_total	0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037		0,6037	
Cdt Máxima (%)	5		5		5		5		5		5		5		5		5		5	
Sección Cálculo (mm <sup>2</sup> )	55,0861		4,8963		4,9084		4,8341		4,9074		5,1186		4,9638		5,0468		5,0673		59,5520	
Sección Real (mm <sup>2</sup> )	240		240		240		240		240		240		240		240		240		240	
Sección Mínima (mm <sup>2</sup> )	95		95		95		95		95		95		95		95		95		95	
Intensidad Tabla (A)	365		365		365		365		365		365		365		365		365		365	
Intensidad Admisible (A)	220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538		220,3538	
Longitud (Km)	10,0000		10,0610		10,0763		10,2218		10,2372		10,2701		10,2854		10,4310		10,4463		10,5326	
R Fabricante (Ω/Km)	0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625		0,0625	
R Fabricante (Ω)	0,6250		0,6288		0,6298		0,6389		0,6398		0,6419		0,6428		0,6519		0,6529		0,6583	
XI Enlaces Flujo (Ω/Km)	0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751		0,0751	
XI Enlaces Flujo (Ω)	0,7505		0,7551		0,7562		0,7671		0,7683		0,7708		0,7719		0,7828		0,7840		0,7905	
XI DMG (Ω/Km)	0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375		0,0375	
XI DMG (Ω)	0,3753		0,3776		0,3782		0,3836		0,3842		0,3854		0,3860		0,3915		0,3920		0,3953	
XI Fabricante (Ω/Km)	0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020		0,1020	
XI Fabricante (Ω)	1,0200		1,0262		1,0278		1,0426		1,0442		1,0476		1,0491		1,0640		1,0655		1,0743	
Xc DMG (Ω*Km)	26976		26976		26976		26976		26976		26976		26976		26976		26976		26976	
Xc DMG (Ω)	2697,6000		2681,2577		2677,1758		2639,0578		2635,1033		2626,6541		2622,7417		2586,1474		2582,3497		2561,2007	
Xc Fabricante (Ω*Km)	7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690		7317,4690	
Xc Fabricante (Ω)	731,7469		727,3139		726,2067		715,8668		714,7941		712,5022		711,4410		701,5144		700,4843		694,7474	
Densidad Tabla (A/mm <sup>2</sup> )	2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400		2,3400	
Densidad Conductor (A/mm <sup>2</sup> )	0,1860		0,0234		0,0234		0,0227		0,0230		0,0239		0,0232		0,0232		0,0233		0,1860	
Temperatura Inicial Cortocircuito (°C)	28,2815		25,0518		25,0519		25,0490		25,0502		25,0541		25,0509		25,0511		25,0513		28,2815	
Tiempo Cortocircuito (s)	1,7245		1,7595		1,7595		1,7596		1,7596		1,7595		1,7595		1,7595		1,7595		1,7245	
Cdt Momento Eléctrico (%)	0,7163		0,0905		0,0907		0,0894		0,0907		0,0945		0,0917		0,0932		0,0936		0,7544	
Cdt Momento Eléctrico Fabricante (%)	0,8260		0,1044		0,1047		0,1031		0,1046		0,1089		0,1058		0,1075		0,1079		0,8700	
Tubo (mm)	NA		NA		NA		NA		NA		NA		NA		NA		NA		NA	
Ángulo Regulación Método en T (grados)	0,1424		0,0240		0,0240		0,0240		0,0243		0,0250		0,0245		0,0250		0,0251		0,1503	
Cdt Método en T (%)	0,6977		0,0764		0,0766		0,0748		0,0761		0,0797		0,0770		0,0780		0,0783		0,7338	
Potencia Perdida Método en T (%)	0,5515		0,0626		0,0627		0,0616		0,0626		0,0653		0,0633		0,0642		0,0645		0,5800	
Eficiencia Método en T (%)	99,4485		99,9374		99,9373		99,9384		99,9374		99,9347		99,9367		99,9358		99,9355		99,4200	
Potencia Máxima Transportar Método en T (Kw)	13336,000		2232,600		2238,400		2233,200		2258,200		2328,800		2282,100		2326,800		2335,200		14081,000	
Planos	5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14		5, 8, 10, 12, 13, 14	

Tabla 2.2.5.2 – Previsión de carga del polígono industrial

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO**

	Páginas
2.3 ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	325
2.3.1 Objeto .....	325
2.3.2 Alcance .....	325
2.3.3 Descripción de la instalación .....	325
2.3.4 Cálculos .....	327
2.3.5 Resultados finales .....	341



## **2.3 ANEXO 3: CENTRO DE SECCIONAMIENTO**

El anexo 3 indica cada una de las partes del Centro de Seccionamiento en Media Tensión, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.3.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño del Centro de Seccionamiento en MT. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.3.2 Alcance**

El alcance del presente anexo es el Centro de Seccionamiento en Media Tensión del polígono industrial Ártabro.

La Red de Media Tensión en este apartado del proyecto abarca desde la celda de entrada hasta las celdas de salida del Centro de Seccionamiento.

Las características eléctricas de las celdas se ajustan al modelo RM6 y, su alimentación procede del punto final de la línea de distribución con origen en la Subestación eléctrica, LA, mientras que las salidas son la línea de distribución que da servicio al Centro de Transformación 1, L1, y la línea de alimentación que suministra la energía eléctrica necesaria a los consumidores no objeto del presente proyecto, LB, y que por lo tanto, están situados aguas debajo de la instalación eléctrica proyectada en el polígono industrial Ártabro.

Las características eléctricas del Centro de Seccionamiento se detallan en el plano Centro de Seccionamiento, número 8.

El Centro de Seccionamiento se alimenta desde la Subestación eléctrica más próxima al polígono industrial y, una vez ejecutada la obra de instalación, se procederá a cederlo a la compañía suministradora, UFD, por lo tanto, el diseño del Centro de Seccionamiento forma parte del presente proyecto, aunque su mantenimiento y modificaciones será responsabilidad del suministrador que presta dicho servicio eléctrico después de realizar la mencionada cesión por parte del Ayuntamiento de Narón.

### **2.3.3 Descripción de la instalación**

El emplazamiento del Centro de Seccionamiento se realiza según el punto 2.3.1.1 del Proyecto tipo de UFD para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada.

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos de este, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

La opción elegida respecto a su ubicación es la de intemperie, porque el impacto ambiental y visual es inapreciable en una zona industrial.

El CS es de naturaleza prefabricada en concordancia con los requisitos impuestos por el UFD. Otras características que posee es ser compacto y, evitar un entronque de la línea de suministro fuera de cualquier zona que por su naturaleza pueda sufrir daños en la instalación por trabajos en sus proximidades, por lo tanto, prevalecen garantías básicas de seguridad respecto al coste.

El módulo prefabricado tiene como ventaja que la construcción de la obra civil como el montaje de su equipamiento puede realizarse en fábrica, permitiendo reducir el coste que supone los trabajos de instalación en el emplazamiento designado en una fase anterior.

El módulo elegido es fácilmente transportable debido a su naturaleza prefabricada y, admite cualquier configuración interna de los elementos eléctricos según la demanda del consumidor. La colocación del CS en su emplazamiento se realiza con grúa después de realizar la excavación y la compactación del terreno según las especificaciones que impone el fabricante.

El CS se sitúa en zonas de propiedad común y cedido a UFD una vez instalado. La elección más importante es tener las barras de salida separadas según los consumidores a los que alimente, aunque se podrían unir ante cualquier avería, prevaleciendo mantener el suministro eléctrico frente otras opciones posibles.

El conexionado y tendido de los conductores en el interior del módulo puede venir instalado de fábrica o con los conductos adecuados para ser instalados en obra, como se mencionó anteriormente, la elección será en fábrica para abaratar los costes.

El Centro de Seccionamiento está ubicado a la entrada del polígono industrial en zona Oeste de la vía principal denominada Avenida Eduardo Pondal. Su alimentación procede de la subestación eléctrica más cercana a la zona de suministro con una longitud de línea de 10 km. Este módulo es el encargado de repartir la energía eléctrica a los 8 Centros de Transformación desde la cabecera de la instalación eléctrica.

El edificio es prefabricado de hormigón compacto, mientras que la tensión de aislamiento es 24 kV y, la intensidad de las celdas RM6 que lo componen son de 400 A. Permite la

telegestión a través del telemando de GPRS y el aislamiento seco de las celdas estancas se realiza con el gas inerte hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>.

Las características constructivas se muestran en el plano Centro Seccionamiento, número 8.

La descripción de la instalación eléctrica del Centro de Seccionamiento en MT se indica con un gran detalle en el apartado 1.14.3 del presente proyecto de ejecución, Centro de seccionamiento, donde contiene todas las características generales y particulares de cada uno de los elementos que forman parte del mencionado centro.

#### 2.3.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales en Centros de Seccionamiento de MT.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- SCHNEIDER ELECTRIC. SIScet 8.0 [software]. Versión 8.01.0004.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- La tensión nominal o de servicio será de 20 kV y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- El cálculo de la línea de distribución en MT del Centro de Seccionamiento será responsabilidad del proyectista según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora y la ITC 20 del RAT, además de las consideraciones técnicas a tener en cuenta que se indican en otros apartados en el mencionado RAT o en el RLAT.
- La caída de tensión máxima admisible es de 5 % según las indicaciones de la empresa suministradora UFD por no existir normativa aplicable en este aspecto para este tipo de redes de distribución.

- La línea de distribución de MT está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de  $240 \text{ mm}^2$  en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV.
- El cálculo de la sección de los conductores del Centro de Seccionamiento se realiza en la fase de diseño de la Red de MT, por lo tanto, la sección de los conductores en las celdas RM6 del Centro de Seccionamiento coincide con la diseñada para la Red de MT del polígono industrial y, se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y las características de la instalación eléctrica.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, la línea de distribución cumplirá lo que se indica en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $U_n \leq 36 \text{ kV}$ ; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El diámetro de los tubos para la línea de distribución se calculará utilizando: normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $U_n \leq 36 \text{ kV}$ ; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El factor de potencia en la red de MT será de 0,85 por considerarse el caso más restrictivo y similar al valor indicado de 0,86 por la ITC-BT-40 para el control de la energía reactiva en instalaciones con generadores asíncronos.
- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas por la normativa vigente para este tipo de instalaciones de MT.
- La conductividad del aluminio a efectos de cálculo será  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor seccionador, IS, del Centro de Seccionamiento y ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas

en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de MT.

El **método de cálculo** empleado fue la utilización de la aplicación de software SIScet 8.0 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RAT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Una vez calculada la intensidad de los receptores aguas abajo en el punto más alejado del Centro de Seccionamiento se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor seccionador del CS.
- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección normalizados después de aplicar los coeficientes necesarios.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.
- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en las tablas de los fabricantes para el tipo de conductor subterráneo utilizado, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor seccionador del CS.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** y cálculos justificativos necesarios para el diseño del Centro de Seccionamiento en Media Tensión.

**❖ 1) Intensidad de alta tensión.**

La Intensidad nominal del centro es la máxima que podrá circular por la aparamenta, es decir  $I_N = 400 \text{ A}$ .

**❖ 2) Cortocircuitos.****• Observaciones.**

Para el cálculo de la Intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora, UFD.

**• Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.**

- Para la realización del cálculo de las Corrientes de cortocircuito utilizaremos la expresión de Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión.

Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión.

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} * V_L} \quad (2.3.4.1)$$

En donde:

$I_{CCP}$  = Intensidad de cortocircuito primaria (kA).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (kV).

**• Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.**

- Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con los siguientes datos de partida.

$S_{CC} = 500 \text{ MVA}$ .

$V_L = 20 \text{ kV}$ .

- Sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de AT.

Intensidad primaria máxima para cortocircuito en el lado de alta tensión.

$I_{CCP} = 14,43 \text{ kA}$ .

**❖ 3) Dimensionado de la Ventilación del centro.**

A pesar de la inexistencia de transformadores de potencia y, por tanto, de focos de calor en el interior del prefabricado de hormigón, en el prefabricado del centro compacto ECS-24, se ha previsto una rejilla de aireación situada sobre una de las hojas de la puerta.

La rejilla de aireación es de chapa de acero galvanizado con pintura poliéster de color azul RAL 5003.

#### ❖ 4) Dimensionado del Embarrado.

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric, no son necesarios los cálculos teóricos ya que, con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

- **Comprobación por Densidad de corriente.**

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168218XB realizado por VOLTA.

- **Comprobación por Solicitación electrodinámica.**

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40 kA.

- **Comprobación por Solicitación térmica, Sobreintensidad térmica admisible.**

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16 kA 1 segundo.

#### ❖ 5) Cálculo de las Instalaciones de puesta a tierra.

- **Investigación de las Características del suelo.**

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de

Seccionamiento, se determina una resistividad media superficial con  $150 \Omega \cdot m$ .

- **Determinación de las Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.**

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (UFD SA), el tiempo máximo de desconexión del defecto es de 0,25 segundos.

Por otra parte, el neutro de la red de distribución en Media Tensión está aislado. Por esto, la intensidad máxima de defecto dependerá de la capacidad entre la red y tierra.

Dicha capacidad dependerá no sólo de la línea a la que está conectado el Centro, sino también de todas aquellas líneas tanto aéreas como subterráneas que tengan su origen en la misma subestación de cabecera, ya que en el momento en que se produzca un defecto (y hasta su eliminación) todas estas líneas estarán interconectadas.

En este caso, según los datos proporcionados por UFD SA, la longitud de las líneas aéreas es de 40 km y la longitud de las líneas subterráneas es de 20 km.

Las expresiones por emplear para calcular la intensidad de defecto se muestran a continuación.

- La Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$R_T = K_R * \sigma \quad (2.3.4.2)$$

En donde:

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- La Capacidad de la red.

$$C = L_A * C_A + L_S * C_S \quad (2.3.4.3)$$

En donde:

$C$  = Capacidad de la red (F).

$L_A$  = Longitud de las líneas aéreas (km).

$C_A$  = Capacidad homopolar de las líneas aéreas en MT (F/km).

$L_S$  = Longitud de las líneas subterráneas (km).

$C_S$  = Capacidad homopolar de las líneas subterráneas en MT (F/km).

- La Pulsación de la red.

$$W = 2 * \pi * f \quad (2.3.4.4)$$



En donde:

$W$  = Pulsación de la red (rad/s).

$f$  = Frecuencia de la red a 50 ciclos (Hz).

- La Reactancia Capacitiva de la red.

$$X_C = \frac{1}{3 * W * C} \quad (2.3.4.5)$$

En donde:

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

$W$  = Pulsación de la red (rad/s).

$C$  = Capacidad de la red (F).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{R_T^2 + X_C^2}} \quad (2.3.4.6)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{(K_R * \sigma)^2 + \left( \frac{1}{3 * (2 * \pi * f) * (L_A * C_A + L_S * C_S)} \right)^2}} \quad (2.3.4.6)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega*m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega*m$ ).

$f$  = Frecuencia de la red a 50 ciclos (Hz).

$L_A$  = Longitud de las líneas aéreas (km).

$C_A$  = Capacidad homopolar de las líneas aéreas en MT (F/km).

- $L_S$  = Longitud de las líneas subterráneas (km).
- $C_S$  = Capacidad homopolar de las líneas subterráneas en MT (F/km).
- Según los datos proporcionados por la Compañía Eléctrica.
- $L_A$  = 40 km.
- $C_A$  =  $0,006 \cdot 10^{-6}$  F/km.
- $L_S$  = 20 km.
- $C_S$  =  $0,25 \cdot 10^{-6}$  F/km.
- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores proporcionados por la Compañía Eléctrica, obtenemos los siguientes resultados.
- $C$  =  $5,24 \cdot 10^{-6}$  F.
- $X_C$  = 202,487  $\Omega$ .

- **Diseño preliminar de la Instalación de tierra.**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes características que se indican a continuación para el sistema que optaremos:

- Identificación.
- Código 40-30/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetro característico de la resistencia.
- $K_R$  = 0,1  $\Omega/\Omega \cdot m$ .
- Parámetro característico de la tensión de paso.
- $K_P$  = 0,0231 V/ $\Omega \cdot m \cdot A$ .
- Descripción.

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2,00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y, la separación entre cada pica y la siguiente será de 3,00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 12 m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_R$  y  $K_P$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

- **Cálculo de la Resistencia del sistema de tierras.**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro ( $R_T$ ), intensidad y tensión de defecto correspondientes ( $I_D$ ,  $U_D$ ), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- La Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$R_T = K_R * \sigma \quad (2.3.4.2)$$

En donde:

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega*m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega*m$ ).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{R_T^2 + X_C^2}} \quad (2.3.4.6)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

- La Intensidad de defecto a tierra con neutro puesto a tierra a través de una reactancia.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_N + R_T)^2 + X_N^2}} \quad (2.3.4.7)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad de defecto a tierra con neutro puesto a tierra a través de una reactancia (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_N$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_N$  = Reactancia de puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

- La Tensión de defecto.

$$U_D = I_D * R_T \quad (2.3.4.8)$$

En donde:

$U_D$  = Tensión de defecto a tierra con neutro aislado (V).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$K_R = 0,1 \Omega/\Omega \cdot m$ .

$\sigma = 150 \Omega \cdot m$ .

$V_L = 20.000 \text{ V}$ .

$X_C = X_N = 202,487 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos los siguientes resultados.

$R_T = 15 \Omega$ .

$I_D = 56,87 \text{ A}$ .

$R_N = 3,915 \cdot 10^{-3} \Omega$ .

$U_D = 853,05 \text{ V}$ .

- **Cálculo de las Tensiones en el exterior de la instalación.**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto

en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno.

- Tensión de paso en el exterior.

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_D \quad (2.3.4.9)$$

En donde:

$U_p$  = Tensión de paso en el exterior (V).

$K_p$  = Parámetro característico de la tensión de paso (V/ $\Omega \cdot m \cdot A$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_p = 0,0231 \text{ V}/\Omega \cdot m \cdot A.$$

$$\sigma = 150 \Omega \cdot m.$$

$$I_D = 56,87 \text{ A}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$U_p = 197,055 \text{ V}.$$

- **Cálculo de las Tensiones en el interior de la instalación.**

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro.

Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto.

- Tensión de paso de acceso.

$$U_{P\_ACCESO} = U_D = I_D * R_T \quad (2.3.4.8)$$

En donde:

$U_{P\_ACCESO}$  = Tensión de paso de acceso con neutro aislado (V).

$U_D$  = Tensión de defecto a tierra con neutro aislado (V).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_D = 56,87 \text{ A}$ .

$R_T = 15 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$U_{P\_ACCESO} = 853,05 \text{ V}$ .

- **Cálculo de las Tensiones aplicadas.**

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios que se puede aceptar, será conforme a la Tabla 1 de la ITC-RAT 13 de instalaciones de puestas a tierra que se transcribe a continuación.

Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{CA}$ (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90

Tabla 2.3.4.1 – Tensión de contacto según la duración de corriente de falta

El valor de tiempo de duración de la corriente de falta proporcionada por la compañía eléctrica suministradora es de 0,25 segundos, dato que no aparece en la tabla adjunta.

Como medida de seguridad en el diseño de instalación utilizaremos el valor inmediatamente superior, 0,3 segundos, por lo que en estas condiciones la máxima tensión de contacto admisible aplicada al cuerpo humano.

- Tensión máxima de contacto admisible aplicada al cuerpo humano.

$$U_{CA} = 420 \text{ V.}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

- Tensión de paso exterior máxima.

$$U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 10 * U_{CA} * \left( 1 + \frac{2 * R_{A1} + 6 * \sigma}{1000} \right) \quad (2.3.4.10)$$

En donde:

$U_{P\_EXTERIOR\_MAX}$  = Tensión de paso exterior máxima con neutro aislado (V).

$U_{CA}$  = Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano con neutro aislado (V).

$R_{A1}$  = Resistencia del calzado ( $\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$U_{CA} = 420 \text{ V.}$$

$$R_{A1} = 2.000 \Omega \cdot m.$$

$$\sigma = 150 \Omega \cdot m.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 24.780 \text{ V.}$$

- Tensión de paso de acceso máxima.

$$U_{P\_ACCESO\_MAX} = 10 * U_{CA} * \left( 1 + \frac{2 * R_{A1} + 3 * \sigma + 3 * \sigma_H}{1000} \right) \quad (2.3.4.11)$$

En donde:

$U_{P\_ACCESO\_MAX}$  = Tensión de paso de acceso máxima con neutro aislado (V).

- $U_{CA}$  = Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano con neutro aislado (V).
- $R_{A1}$  = Resistencia del calzado ( $\Omega \cdot m$ ).
- $\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).
- $\sigma_H$  = Resistividad del hormigón ( $\Omega \cdot m$ ).
- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.  
 $U_{CA} = 420 \text{ V}$ .  
 $R_{A1} = 2.000 \Omega \cdot m$ .  
 $\sigma = 150 \Omega \cdot m$ .  
 $\sigma_H = 3.000 \Omega \cdot m$ .
  - Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.  
 $U_{P\_ACCESO\_MAX} = 60.690 \text{ V}$ .
  - Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles.
  - Tensión de paso en el exterior.  
 $U_P = 197,055 \text{ V} < U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 24.780 \text{ V}$ .
  - Tensión de paso en el acceso al CS.  
 $U_D = 853,05 \text{ V} < U_{P\_ACCESO\_MAX} = 60.690 \text{ V}$ .
- **Investigación de Tensiones transferibles al exterior.**  
Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.
  - **Corrección y ajuste del Diseño inicial estableciendo el definitivo.**  
No se considera necesario la corrección del sistema proyectado.  
No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.



### 2.3.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjunta la tabla resumen de los parámetros característicos y, los resultados de los cálculos eléctricos necesarios para el diseño del Centro de Seccionamiento.

Parámetros característicos	
La intensidad nominal, $I_N$ (A)	400
Potencia de cortocircuito de la red, $S_{CC}$ (MVA)	500
Tensión primaria de línea, $V_L$ (kV)	20
Intensidad de cortocircuito primaria, $I_{CCP}$ (kA)	14,43
Resistencia electrodinámica (kA)	40
Resistencia térmica durante 1 segundo (kA)	16
Resistividad media superficial del terreno, $\sigma$ ( $\Omega \cdot m$ )	150
Tiempo máximo de desconexión del defecto (s)	0,25
Longitud de las líneas aéreas, $L_A$ (km)	40
Longitud de las líneas subterráneas, $L_S$ (km)	20
Parámetro característico de la resistencia, $K_R$ ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )	0,1
Parámetro característico de la tensión de paso, $K_P$ ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )	0,0231
Resistencia del sistema de puesta a tierra, $R_T$ ( $\Omega$ )	15
Reactancia Capacitiva de la red, $X_C$ ( $\Omega$ )	202,487
Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado, $I_D$ (A)	56,87
Tensión de defecto a tierra con neutro aislado, $U_D$ (V)	853,05
Tensión de paso en el exterior, $U_P$ (V)	197,055
Tensión de paso de acceso con neutro aislado, $U_{P\_ACCESO}$ (V)	853,05
Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano, $U_{CA}$ (V)	420
Resistencia del calzado, $R_{A1}$ ( $\Omega \cdot m$ )	2.000

Parámetros característicos	
Resistividad del hormigón, $\sigma_H$ ( $\Omega \cdot m$ )	3.000
Tensión de paso exterior máxima con neutro aislado, $U_{P\_EXTERIOR\_MAX}$ (V)	24.780
Tensión de paso de acceso máxima con neutro aislado, $U_{P\_ACCESO\_MAX}$ (V)	60.690

Tabla 2.3.5.1 – Parámetros característicos del CS

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

	Páginas
2.4 ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	345
2.4.1 Objeto .....	345
2.4.2 Alcance .....	345
2.4.3 Descripción de la instalación .....	345
2.4.4 Cálculos .....	348
2.4.5 Resultados finales .....	369

## **2.4 ANEXO 4: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

El anexo 4 indica cada una de las partes de los Centros de Transformación en Media Tensión, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.4.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de los Centros de Transformación en MT. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.4.2 Alcance**

El alcance del presente anexo son los 8 Centros de Transformación en Media Tensión del polígono industrial Ártabro.

La Red de Media Tensión en este apartado del proyecto abarca desde la celda de entrada hasta las celdas de salida de los 8 Centros de Transformación.

Las características eléctricas de las celdas se ajustan al modelo SM6 y, su alimentación procede del punto final de la línea de distribución con origen en el Centro de Seccionamiento y terminación en el Centro de Transformación 1, L1.

Mientras que, las salidas son las líneas de distribución que dan servicio a los Centros de Transformación 2, 5, 6, 8, 7, 4 y 3, además de los consumidores no objeto del presente proyecto a través del Centro de Seccionamiento, y que corresponden con las líneas de alimentación L2, L5, L6, L8, L7, L4, L3 y L9 respectivamente.

Las características eléctricas de los 8 Centros de Transformación se detallan en el plano Centro de Transformación 400 kVA, número 10.

Los 8 Centros de Transformación se alimentan desde la Subestación eléctrica más próxima al polígono industrial y, una vez ejecutadas las obras de instalación, se procederá a cederlos a la compañía suministradora, UFD, por lo tanto, el diseño de los 8 Centros de Transformación forma parte del presente proyecto, aunque su mantenimiento y modificaciones será responsabilidad del suministrador que presta dicho servicio eléctrico después de realizar la mencionada cesión por parte del Ayuntamiento de Narón.

### **2.4.3 Descripción de la instalación**

El emplazamiento de los Centros de Transformación se realiza según el punto 2.3.1.1 del Proyecto tipo de UFD para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada.

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos de este, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

Existen 3 tipos de ubicación posible de los CT adecuados al PPAI: intemperie, local cedido en un edificio por el propietario del terreno, o subterráneo. La opción elegida es intemperie por que el impacto ambiental y visual es inapreciable en una zona industrial.

Los CT son de naturaleza prefabricada en concordancia con los requisitos impuestos por el PPAI. Otras características que poseen es no ser compactos y tener reserva de espacio para permitir la instalación de un transformador a mayores si fuera necesario, lo que admite ampliaciones futuras en las celdas o en los transformadores sin suponer incremento en el coste en relación con los que no tienen la reserva de dicho espacio.

Los módulos prefabricados tienen como ventaja que la construcción de la obra civil como el montaje de su equipamiento puede realizarse en fábrica, permitiendo reducir el coste que supone los trabajos de instalación en el emplazamiento designado en una fase anterior.

El módulo elegido es fácilmente transportable debido a su naturaleza prefabricada y, admite cualquier configuración interna de los elementos eléctricos según la demanda del consumidor. La colocación del CT en su emplazamiento se realiza con grúa después de realizar la excavación y la compactación del terreno según las especificaciones que impone el fabricante.

El conexionado y tendido de los conductores en el interior del módulo puede venir instalado de fábrica o con los conductos adecuados para ser instalados en obra, como se mencionó anteriormente, la elección será en fábrica para abaratar los costes.

Una alternativa importante en la elección del CT es la elección entre en baño de aceite o seco.

Las principales ventajas que tiene en baño de aceite son: menor coste unitario; menor nivel de ruido; menores pérdidas de vacío; mayor resistencia sobretensiones y sobrecargas prolongadas.

En cambio, las principales ventajas del seco son: menor coste de instalación por no necesitar el depósito del colector ni la obra civil asociada; y menor riesgo de incendio.

Se optó por elegir el transformador seco con celda de aislamiento en SF<sub>6</sub>, gas inerte con un alto poder de corte, al prevalecer la opción del menor riesgo de incendio y el alto poder de corte frente al resto de las características.

Los CT se sitúan en zonas de propiedad común y cedidos a UFD una vez instalados. La elección más importante en la toma de decisión adoptada es tener 2 transformadores instalados en el interior del CT, para así reducir el coste de la obra civil respecto a los CT individualizados.

Según UFD, en relación con la potencia prevista por los consumidores en polígono industrial, se podrían instalar CT de 400 kVA o 630 kVA. La elección elegida fue de 400 kVA para ajustarse al máximo a los consumos y poder diversificar la alimentación de las naves industriales desde un mayor número de puntos distintos ante cualquier posible fallo en un transformador en concreto.

Los Centros de Transformación tienen su emplazamiento a lo largo de Avenida Eduardo Pondal en ambos lados de la acera y, cada Centro posee dos transformadores en su interior.

Los Centros de Transformación tienen su ubicación dentro del polígono industrial condicionado por la línea de suministro en MT, como muestra el plano Red de Distribución en MT, número 5, y posee la siguiente configuración:

- El primer grupo de transformadores lo componen el CT 1 y CT 2, situados en el área Oeste-Norte del polígono industrial.
- El segundo grupo de transformadores lo componen el CT 5 y CT 6, situados en el área Este-Norte del polígono industrial.
- El tercer grupo de transformadores lo componen el CT 8 y CT 7, situados en el área Este-Sur del polígono industrial.
- El cuarto grupo de transformadores lo componen el CT 4 y CT 3, situados en el área Oeste-Sur del polígono industrial.

Los 8 transformadores están contruidos en un edificio prefabricado de hormigón no compacto, mientras que la tensión de aislamiento es 24 kV y, la intensidad de las celdas SM6 que lo componen son de 400 A. El aislamiento seco de las celdas estancas se realiza con el gas inerte hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>.

La potencia de todos los transformadores es de 400 kVA con una relación de transformación 20000/420 V. La instalación está proyectada para albergar en cada CT la reserva de un Transformador de MT junto con la reserva celdas de línea en acometida de MT.

La conexión de los transformadores será con la configuración en triángulo en la parte de MT y, conexión estrella en la parte de BT.

Las características constructivas se muestran el plano Centro Transformación 400 kVA, número 10.

La descripción de la instalación eléctrica de los 8 Centros de Transformación en MT se indica con un gran detalle en el apartado 1.14.4 del presente proyecto de ejecución, Centros de Transformación, donde contiene todas las características generales y particulares de cada uno de los elementos que forman parte de los mencionados centros.

#### 2.4.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales en Centros de Transformación de MT.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Proyecto tipo de UFD: Proyecto Tipo para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- SCHNEIDER ELECTRIC. SiScet 8.0 [software]. Versión 8.01.0004.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- La tensión nominal o de servicio será de 20 kV y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- El cálculo de la línea de distribución en MT de los 8 Centros de Transformación será responsabilidad del proyectista según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora y la ITC 20 del RAT, además de las consideraciones técnicas a tener en cuenta que se indican en otros apartados en el mencionado RAT o en el RLAT.
- La caída de tensión máxima admisible es de 5 % según las indicaciones de la empresa suministradora UFD por no existir normativa aplicable en este aspecto para este tipo de redes de distribución.
- La línea de distribución de MT está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de 240 mm<sup>2</sup> en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV.



- El cálculo de la sección de los conductores de los 8 Centros de Transformación se realiza en la fase de diseño de la Red de MT, por lo tanto, la sección de los conductores en las celdas SM6 de los Centros de Transformación coincide con la diseñada para la Red de MT del polígono industrial y, se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y las características de la instalación eléctrica.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, la línea de distribución cumplirá lo que se indica en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El diámetro de los tubos para la línea de distribución se calculará utilizando: normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El factor de potencia en la red de MT será de 0,85 por considerarse el caso más restrictivo y similar al valor indicado de 0,86 por la ITC-BT-40 para el control de la energía reactiva en instalaciones con generadores asíncronos.
- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas por la normativa vigente para este tipo de instalaciones de MT.
- La conductividad del aluminio a efectos de cálculo será  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor de línea, IM, de los Centros de Transformación y ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de MT.

El **método de cálculo** empleado fue la utilización de la aplicación de software SISCet 8.0 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RAT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Una vez calculada la intensidad de los receptores aguas abajo en el punto más alejado de los Centros de Transformación se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor de línea de los CT.
- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección normalizados después de aplicar los coeficientes necesarios.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.
- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en las tablas de los fabricantes para el tipo de conductor subterráneo utilizado, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor de línea de los CT.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** y cálculos justificativos necesarios para el diseño del Centro de Seccionamiento en Media Tensión.

**❖ 1) Intensidad de alta tensión.**

En un sistema trifásico, la Intensidad primaria,  $I_p$ , viene determinada por la expresión.

- Intensidad primaria.

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * V_p} \quad (2.4.4.1)$$

En donde:

$I_p$  = Intensidad primaria (A).

$S$  = Potencia del transformador (kVA).

$V_p$  = Tensión compuesta primaria (kV).

- Según los datos de partida del CT.

$S_{\text{TRANSFORMADOR}_1} = 400 \text{ kVA}$ .

$S_{\text{TRANSFORMADOR}_2} = 400 \text{ kVA}$ .

$V_p = 20 \text{ kV}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida del CT, obtenemos los siguientes resultados.

$I_{p\_TRANSFORMADOR\_1} = 11,547 \text{ A}$ .

$I_{p\_TRANSFORMADOR\_2} = 11,547 \text{ A}$ .

- Intensidad total primaria.

$$I_{p\_TOTAL} = I_{p\_TRANSFORMADOR\_1} + I_{p\_TRANSFORMADOR\_2} \quad (2.4.4.2)$$

En donde:

$I_{p\_TOTAL}$  = Intensidad total primaria (A).

$I_{p\_TRANSFORMADOR\_1}$  = Intensidad total primaria del transformador 1 (A).

$I_{p\_TRANSFORMADOR\_2}$  = Intensidad total primaria del transformador 2 (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en el apartado anterior, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{p\_TOTAL} = 23,094 \text{ A}$ .

**❖ 2) Intensidad de baja tensión.**

En un sistema trifásico la Intensidad secundaria,  $I_s$ , viene determinada por la expresión.

- Intensidad secundaria.

$$I_s = \frac{S - W_{FE} - W_{CU}}{\sqrt{3} * V_s} \quad (2.4.4.3)$$

En donde:

$I_s$  = Intensidad secundaria (A).

$S$  = Potencia del transformador (kVA).

$W_{FE}$  = Pérdidas en el hierro (kW).

$W_{CU}$  = Pérdidas en los arrollamientos (kW).

$V_s$  = Tensión compuesta en carga del secundario (kV).

- Intensidad secundaria.

$$I_s = \frac{S - W}{\sqrt{3} * V_s} \quad (2.4.4.3)$$

En donde:

$I_s$  = Intensidad secundaria (A).

$S$  = Potencia del transformador (kVA).

$W$  = Pérdidas totales (kW).

$V_s$  = Tensión compuesta en carga del secundario (kV).

- Pérdidas totales.

$$W = W_{FE} + W_{CU} \quad (2.4.4.4)$$

En donde:

$W$  = Pérdidas totales (kW).

$W_{FE}$  = Pérdidas en el hierro (kW).

$W_{CU}$  = Pérdidas en los arrollamientos (kW).

- Según los datos de partida del CT.

$S_{\text{TRANSFORMADOR}_1} = 400 \text{ kVA}$ .

$S_{\text{TRANSFORMADOR}_2} = 400 \text{ kVA}$ .

$W = 6,25 \text{ kW}$ .

$V_s = 0,4 \text{ kV}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida del CT, obtenemos los siguientes resultados.

$$I_{S\_TRANSFORMADOR\_1} = 568,329 \text{ A.}$$

$$I_{S\_TRANSFORMADOR\_2} = 568,329 \text{ A.}$$

### ❖ 3) Cortocircuitos.

#### • Observaciones.

Para el cálculo de la Intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora, UFD.

#### • Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

- Para la realización del cálculo de las Corrientes de cortocircuito utilizaremos la expresión de Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión.

Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión.

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} * V_L} \quad (2.4.4.5)$$

En donde:

$I_{CCP}$  = Intensidad de cortocircuito primaria (kA).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (kV).

- Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito no será necesario utilizar la expresión de Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión.

Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión.

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Para la realización del cálculo de las Corrientes de cortocircuito utilizaremos la expresión de Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión.

Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión).

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{V_{CC}}{100} * V_S} \quad (2.4.4.6)$$

En donde:

$I_{CCS}$  = Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de BT (kA).

$S$  = Potencia del transformador (kVA).

$V_{CC}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador (%).

$V_S$  = Tensión compuesta en carga del secundario (V).

- **Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.**

- Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con los siguientes datos de partida.

$$S_{CC} = 500 \text{ MVA.}$$

$$V_L = 20 \text{ kV.}$$

- Sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de AT.

Intensidad primaria máxima para cortocircuito en el lado de alta tensión.

$$I_{CCP} = 14,43 \text{ kA.}$$

- **Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.**

- Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con los siguientes datos de partida.

$$S_{\text{TRANSFORMADOR}_1} = 400 \text{ kVA.}$$

$$S_{\text{TRANSFORMADOR}_2} = 400 \text{ kVA.}$$

$$V_{CC} = 6 \text{ \%.}$$

$$V_S = 400 \text{ V.}$$

- Sustituyendo valores tendremos una intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de BT.

Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

$$I_{CCS\_ \text{TRANSFORMADOR}_1} = 9,623 \text{ kA.}$$

$$I_{CCS\_ \text{TRANSFORMADOR}_2} = 9,623 \text{ kA.}$$

- ❖ **4) Dimensionado del Embarrado.**

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric, no son necesarios los cálculos teóricos ya que, con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

- **Comprobación por Densidad de corriente.**

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada

mediante el protocolo de ensayo 51249139XA realizado por VOLTA.

- **Comprobación por Solicitación electrodinámica.**

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40 kA.

- **Comprobación por Solicitación térmica, Sobreintensidad térmica admisible.**

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16 kA 1 segundo.

- ❖ **5) Selección de las Protecciones de alta y baja tensión.**

- **Alta Tensión.**

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a

interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

- Fusibles para la protección del transformador 1.

La potencia del transformador 1 es 400 kVA.

La intensidad nominal del fusible de AT del transformador 1 es 25 A.

- Fusibles para la protección del transformador 2.

La potencia del transformador 2 es 400 kVA.

La intensidad nominal del fusible de AT del transformador 2 es 25 A.

- **Baja Tensión.**

Los elementos de Protección de las salidas de Baja Tensión del CT no serán objeto de este apartado del proyecto, sino de la sección relativa al cálculo de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

- ❖ **6) Dimensionado de la Ventilación del CT.**

Las rejillas de ventilación de los edificios modulares están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador.

El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma RU 1303 A, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 kVA según la norma UNE 21428-1.

Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero.

El modular ha superado los ensayos de calentamiento realizados en Labein con número de informe 96.406-1-E.

- ❖ **7) Dimensiones del Pozo apagafuegos.**

Al utilizar la técnica de transformador encapsulado en resina epoxi, no es necesario disponer de un foso para la recogida de aceite, al no existir éste.

- ❖ **8) Cálculo de las Instalaciones de puesta a tierra.**

- **Investigación de las Características del suelo.**

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial con  $150 \Omega \cdot m$ .

- **Determinación de las Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.**



Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (UFD SA), el tiempo máximo de desconexión del defecto es de 0,25 segundos.

Por otra parte, el neutro de la red de distribución en Media Tensión está aislado. Por esto, la intensidad máxima de defecto dependerá de la capacidad entre la red y tierra.

Dicha capacidad dependerá no sólo de la línea a la que está conectado el Centro, sino también de todas aquellas líneas tanto aéreas como subterráneas que tengan su origen en la misma subestación de cabecera, ya que en el momento en que se produzca un defecto (y hasta su eliminación) todas estas líneas estarán interconectadas.

En este caso, según los datos proporcionados por UFD SA, la longitud de las líneas aéreas es de 40 km y la longitud de las líneas subterráneas es de 20 km.

Las expresiones por emplear para calcular la intensidad de defecto se muestran a continuación.

- La Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$R_T = K_R * \sigma \quad (2.4.4.7)$$

En donde:

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- La Capacidad de la red.

$$C = L_A * C_A + L_S * C_S \quad (2.4.4.8)$$

En donde:

$C$  = Capacidad de la red (F).

$L_A$  = Longitud de las líneas aéreas (km).

$C_A$  = Capacidad homopolar de las líneas aéreas en MT (F/km).

$L_S$  = Longitud de las líneas subterráneas (km).

$C_S$  = Capacidad homopolar de las líneas subterráneas en MT (F/km).

- La Pulsación de la red.

$$W = 2 * \pi * f \quad (2.4.4.9)$$

En donde:

$W$  = Pulsación de la red (rad/s).

$f$  = Frecuencia de la red a 50 ciclos (Hz).

- La Reactancia Capacitiva de la red.

$$X_C = \frac{1}{3 * W * C} \quad (2.4.4.10)$$

En donde:

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

$W$  = Pulsación de la red (rad/s).

$C$  = Capacidad de la red (F).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{R_T^2 + X_C^2}} \quad (2.4.4.11)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{(K_R * \sigma)^2 + \left( \frac{1}{3 * (2 * \pi * f) * (L_A * C_A + L_S * C_S)} \right)^2}} \quad (2.4.4.11)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega*m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega*m$ ).

$f$  = Frecuencia de la red a 50 ciclos (Hz).

$L_A$  = Longitud de las líneas aéreas (km).

$C_A$  = Capacidad homopolar de las líneas aéreas en MT (F/km).

$L_S$  = Longitud de las líneas subterráneas (km).

$C_S$  = Capacidad homopolar de las líneas subterráneas en MT (F/km).

- Según los datos proporcionados por la Compañía Eléctrica.

$$L_A = 40 \text{ km.}$$

$$C_A = 0,006 \cdot 10^{-6} \text{ F/km.}$$

$$L_S = 20 \text{ km.}$$

$$C_S = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ F/km.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores proporcionados por la Compañía Eléctrica, obtenemos los siguientes resultados.

$$C = 5,24 \cdot 10^{-6} \text{ F.}$$

$$X_C = 202,487 \Omega.$$

- **Diseño preliminar de la Instalación de tierra.**

Para el diseño preliminar se estudiarán por separado la tierra de protección y la de servicio.

Al presentar esta instalación las condiciones especificadas en el apartado 6.3 del MIE-RAT 13 y las del método UNESA ( $U_D \leq 1000\text{V}$ ), las puestas a tierra de protección y de servicio de la instalación se interconectarán y constituirán una instalación de tierra general.

- **Tierra de protección.**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes características de la tierra de protección que se indican a continuación para el sistema que optaremos:

- Identificación.

Código 40-30/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetro característico de la resistencia.

$$K_R = 0,1 \Omega/\Omega \cdot \text{m.}$$

- Parámetro característico de la tensión de paso.

$$K_P = 0,0231 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}.$$

- Descripción.

Estará constituida por 14 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2,00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y, la separación entre cada pica y la siguiente será de 3,00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 42 m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_R$  y  $K_P$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

- **Tierra de servicio.**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación.

Código 5/62 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetro característico de la resistencia.

$$K_R = 0,073 \Omega/\Omega \cdot \text{m}.$$

- Parámetro característico de la tensión de paso.

$$K_P = 0,012 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}.$$

- Descripción.

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2,00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y, la separación entre cada pica y la siguiente será de 3,00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_R$  y  $K_P$

de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ .

Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios.

$$V_{\text{CONTACTO}} = I_{\text{SENSIBILIDAD}} * R_{\text{T\_ELECTRODO}} \quad (2.4.4.12)$$

En donde:

$V_{\text{CONTACTO}}$  = Tensión de contacto del electrodo (V).

$I_{\text{SENSIBILIDAD}}$  = Sensibilidad del interruptor diferencial (A).

$R_{\text{T\_ELECTRODO}}$  = Resistencia de puesta a tierra del electrodo ( $\Omega$ ).

- Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con los siguientes datos de partida.

$$V_{\text{CONTACTO}} = 24 \text{ V.}$$

$$R_{\text{T\_ELECTRODO}} = 37 \Omega.$$

- Sustituyendo valores tendremos la sensibilidad máxima del interruptor diferencial.

$$I_{\text{SENSIBILIDAD}} = 648,649 * 10^{-3} \text{ A.}$$

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

Dicha separación está calculada en el apartado investigación de tensiones transferibles al exterior.

- **Cálculo de la Resistencia del sistema de tierras.**

- **Tierra de protección.**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro ( $R_T$ ), intensidad y tensión de defecto correspondientes ( $I_D$ ,  $U_D$ ), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- La Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$R_T = K_R * \sigma \quad (2.4.4.7)$$

En donde:

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- La Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{R_T^2 + X_C^2}} \quad (2.4.4.11)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la red ( $\Omega$ ).

- La Intensidad de defecto a tierra con neutro puesto a tierra a través de una reactancia.

$$I_D = \frac{V_L}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_N + R_T)^2 + X_N^2}} \quad (2.4.4.13)$$

En donde:

$I_D$  = Intensidad de defecto a tierra con neutro puesto a tierra a través de una reactancia (A).

$V_L$  = Tensión primaria de línea (V).

$R_N$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$X_N$  = Reactancia de puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

- La Tensión de defecto.

$$U_D = I_D * R_T \quad (2.4.4.14)$$

En donde:

$U_D$  = Tensión de defecto a tierra con neutro aislado (V).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_R = 0,1 \, \Omega/\Omega \cdot m.$$

$$\sigma = 150 \, \Omega \cdot m.$$

$$V_L = 20.000 \, V.$$

$$X_C = X_N = 202,487 \, \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos los siguientes resultados.

$$R_T = 15 \, \Omega.$$

$$I_D = 56,87 \, A.$$

$$R_N = 3,915 \cdot 10^{-3} \, \Omega.$$

$$U_D = 853,05 \, V.$$

○ **Tierra de servicio.**

- La Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$R_T = K_R \cdot \sigma \quad (2.4.4.7)$$

En donde:

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$K_R$  = Parámetro característico de la resistencia ( $\Omega/\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_R = 0,073 \, \Omega/\Omega \cdot m.$$

$$\sigma = 150 \, \Omega \cdot m.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$R_T = 10,95 \, \Omega.$$

Por lo tanto, se cumple la condición que indica el valor de la resistencia de puesta a tierra del electrodo deberá ser inferior a  $37 \, \Omega$ .

● **Cálculo de las Tensiones en el exterior de la instalación.**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno.

- Tensión de paso en el exterior.

$$U_p = K_p * \sigma * I_D \quad (2.4.4.15)$$

En donde:

$U_p$  = Tensión de paso en el exterior (V).

$K_p$  = Parámetro característico de la tensión de paso (V/ $\Omega$ \*m\*A).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega$ \*m).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$K_p = 0,0231 \text{ V}/\Omega\cdot\text{m}\cdot\text{A}$ .

$\sigma = 150 \Omega\cdot\text{m}$ .

$I_D = 56,87 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$U_p = 197,055 \text{ V}$ .

- **Cálculo de las Tensiones en el interior de la instalación.**

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro.

Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.



Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad de éstos.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto.

- Tensión de paso de acceso.

$$U_{P\_ACCESO} = U_D = I_D * R_T \quad (2.4.4.14)$$

En donde:

$U_{P\_ACCESO}$  = Tensión de paso de acceso con neutro aislado (V).

$U_D$  = Tensión de defecto a tierra con neutro aislado (V).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$R_T$  = Resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_D = 56,87 \text{ A.}$$

$$R_T = 15 \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$U_{P\_ACCESO} = 853,05 \text{ V.}$$

- **Cálculo de las Tensiones aplicadas**

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios que se puede aceptar, será conforme a la Tabla 1 de la ITC-RAT 13 de instalaciones de puestas a tierra que se transcribe a continuación.

El valor de tiempo de duración de la corriente de falta proporcionada por la compañía eléctrica suministradora es de 0,25 segundos, dato que no aparece en la tabla adjunta.

Como medida de seguridad en el diseño de instalación utilizaremos el valor inmediatamente superior, 0,3 segundos, por lo que en estas condiciones la máxima

tensión de contacto admisible aplicada al cuerpo humano.

Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{CA}$ (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90

Tabla 2.4.4.1 – Tensión de contacto según la duración de corriente de falta

- Tensión máxima de contacto admisible aplicada al cuerpo humano.

$$U_{CA} = 420 \text{ V.}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

- Tensión de paso exterior máxima.

$$U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 10 * U_{CA} * \left( 1 + \frac{2 * R_{A1} + 6 * \sigma}{1000} \right) \quad (2.4.4.16)$$

En donde:

$U_{P\_EXTERIOR\_MAX}$  = Tensión de paso exterior máxima con neutro aislado (V).

$U_{CA}$  = Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano con neutro aislado (V).

$R_{A1}$  = Resistencia del calzado ( $\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$U_{CA} = 420 \text{ V.}$$

$$R_{A1} = 2.000 \Omega \cdot m.$$

$$\sigma = 150 \Omega \cdot m.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 24.780 \text{ V.}$$

- Tensión de paso de acceso máxima.

$$U_{P\_ACCESO\_MAX} = 10 * U_{CA} * \left( 1 + \frac{2 * R_{A1} + 3 * \sigma + 3 * \sigma_H}{1000} \right) \quad (2.4.4.17)$$

En donde:

$U_{P\_ACCESO\_MAX}$  = Tensión de paso de acceso máxima con neutro aislado (V).

$U_{CA}$  = Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano con neutro aislado (V).

$R_{A1}$  = Resistencia del calzado ( $\Omega \cdot m$ ).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

$\sigma_H$  = Resistividad del hormigón ( $\Omega \cdot m$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$U_{CA} = 420 \text{ V.}$$

$$R_{A1} = 2.000 \Omega \cdot m.$$

$$\sigma = 150 \Omega \cdot m.$$

$$\sigma_H = 3.000 \Omega \cdot m.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$U_{P\_ACCESO\_MAX} = 60.690 \text{ V.}$$

- Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles.

- Tensión de paso en el exterior.

$$U_P = 197,055 \text{ V} < U_{P\_EXTERIOR\_MAX} = 24.780 \text{ V.}$$

- Tensión de paso en el acceso al CS.

$$U_D = 853,05 \text{ V} < U_{P\_ACCESO\_MAX} = 60.690 \text{ V.}$$

- **Investigación de Tensiones transferibles al exterior.**

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

El método de cálculo de dicha separación mínima (D), entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio, se identifica en el apartado 11 de la ITC-BT-18 para terrenos cuya resistividad media superficial es superior o igual a  $100 \Omega \cdot \text{m}$ .

La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $< 100 \Omega \cdot \text{m}$ ).

Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D \geq \frac{I_D * \sigma}{2 * \pi * U} \quad (2.4.4.18)$$

En donde:

D = Distancia entre electrodos (m).

$I_D$  = Intensidad máxima de defecto a tierra con neutro aislado (A).

$\sigma$  = Resistividad media superficial del terreno ( $\Omega \cdot \text{m}$ ).

U = Tensión para sistemas de distribución (V).

La intensidad de defecto a tierra para el lado de alta tensión será facilitada por la empresa eléctrica, UFD.

La tensión (U) será 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario.

Para redes TN, la tensión (U) será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

No deben existir elementos conductores que conecten el recinto del centro de transformación o la zona de tomas de tierra con los locales de utilización.

Según recomendaciones UNESA, para esquema de distribución TT, la toma de tierra de las masas de utilización debe ser independiente de la tierra del neutro. Se considera que pueden estar unidas si  $V_D$  es menor o igual a 1000 V; en caso contrario la distancia

entre estas tomas de tierra se calcula con la tensión (U) igual a 1000 V. La tierra del neutro debe tener una resistencia máxima de  $37 \Omega$ .

En distribución TN, la resistencia de puesta a tierra del neutro se considera como máximo  $2 \Omega$ .

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_D = 56,87 \text{ A.}$$

$$\sigma = 150 \Omega \cdot \text{m.}$$

$$U = 1.000 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$D = 1,358 \text{ m.}$$

- **Corrección y ajuste del Diseño inicial estableciendo el definitivo.**

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado.

No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

#### 2.4.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjunta la tabla resumen de los parámetros característicos y, los resultados de los cálculos eléctricos necesarios para el diseño de los Centros de Transformación.

Parámetros característicos	
Potencia del transformador, $S_{\text{TRANSFORMADOR}}$ (kVA)	400
Tensión compuesta primaria, $V_P$ (kV)	20
Intensidad primaria, $I_{P\_TRANSFORMADOR}$ (A)	11,547
Intensidad total primaria, $I_{P\_TOTAL}$ (A)	23,094
Pérdidas totales, $W$ (kW)	6,25
Tensión compuesta en carga del secundario, $V_S$ (kV)	0,4
Intensidad secundaria, $I_S$ (A)	568,329

Parámetros característicos	
Potencia de cortocircuito de la red, $S_{CC}$ (MVA)	500
Intensidad de cortocircuito primaria, $I_{CCP}$ (kA)	14,43
Tensión porcentual de cortocircuito del transformador, $V_{CC}$ (%)	6
Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de BT, $I_{CCS}$ (kA)	9,623
Resistencia electrodinámica (kA)	40
Resistencia térmica durante 1 segundo (kA)	16
Intensidad nominal del fusible de AT del transformador (A)	25
Resistividad media superficial del terreno, $\sigma$ ( $\Omega \cdot m$ )	150
Tiempo máximo de desconexión del defecto (s)	0,25
Longitud de las líneas aéreas, $L_A$ (km)	40
Longitud de las líneas subterráneas, $L_S$ (km)	20
Parámetro característico en la tierra de protección de la resistencia, $K_R$ ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )	0,1
Parámetro característico en la tierra de protección de la tensión de paso, $K_P$ ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )	0,0231
Parámetro característico en la tierra de servicio de la resistencia, $K_R$ ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )	0,073
Parámetro característico en la tierra de servicio de la tensión de paso, $K_P$ ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )	0,012
Resistencia de la tierra de protección del sistema de puesta a tierra, $R_T$ ( $\Omega$ )	15
Reactancia Capacitiva de la tierra de protección de la red, $X_C$ ( $\Omega$ )	202,487
Intensidad máxima de defecto a tierra de la tierra de protección con neutro aislado, $I_D$ (A)	56,87
Tensión de defecto a tierra de la tierra de protección con neutro aislado, $U_D$ (V)	853,05
Resistencia de la tierra de servicio del sistema de puesta a tierra, $R_T$ ( $\Omega$ )	11
Tensión de paso en el exterior, $U_P$ (V)	197,055
Tensión de paso de acceso con neutro aislado, $U_{P\_ACCESO}$ (V)	853,05
Tensiones de contacto admisible aplicada al cuerpo humano, $U_{CA}$ (V)	420
Resistencia del calzado, $R_{A1}$ ( $\Omega \cdot m$ )	2.000

Parámetros característicos	
Resistividad del hormigón, $\sigma_H$ ( $\Omega \cdot m$ )	3.000
Tensión de paso exterior máxima con neutro aislado, $U_{P\_EXTERIOR\_MAX}$ (V)	24.780
Tensión de paso de acceso máxima con neutro aislado, $U_{P\_ACCESO\_MAX}$ (V)	60.690
Distancia mínima entre electrodos de la tierra de protección y servicio, D (m)	1,358

Tabla 2.4.5.1 – Parámetros característicos del CT

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**



**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

	Páginas
2.5 ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	374
2.5.1 Objeto .....	374
2.5.2 Alcance .....	374
2.5.3 Descripción de la instalación .....	374
2.5.4 Cálculos .....	378
2.5.5 Resultados finales .....	392

## **2.5 ANEXO 5: RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

El anexo 5 indica cada una de las partes de la Red de Distribución en Baja Tensión, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.5.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de la instalación eléctrica en BT. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.5.2 Alcance**

El alcance del presente anexo es la red de distribución en Baja Tensión del polígono industrial Ártabro.

El tipo de distribución de la Red de Baja Tensión es un sistema abierto con salidas desde los CT que finalizan en las CGP de cada abonado, con independencia de otras líneas de distribución de energía eléctrica.

Este modelo de suministro es el más simple y económico, aunque tiene la desventaja de no garantizar el suministro eléctrico desde otras líneas como podría hacer el sistema cerrado.

La distribución del sistema abierto se detalla en el plano Red de Distribución en BT, número 5.

Las líneas de distribución de BT que alimentan las CGP de cada abonado desde los 8 Centros de Transformación es propiedad del Ayuntamiento de Narón y, una vez ejecutadas las obras de instalación, se procederá a cederlas a la compañía suministradora, UFD, por lo tanto, el diseño de la red de distribución en Baja Tensión forma parte del presente proyecto, aunque su mantenimiento y modificaciones será responsabilidad del suministrador que presta dicho servicio eléctrico después de realizar la mencionada cesión por parte del Ayuntamiento de Narón.

### **2.5.3 Descripción de la instalación**

El PPAI impone que el tendido eléctrico se realice subterráneo y por viales públicos, por lo tanto, prohíbe otras posibilidades como la aérea o en fachada que serían las más económicas.

El esquema de distribución y dispositivos de protección tienen una relación directa del sistema de distribución elegido, y más concretamente del modelo de conexión del neutro utilizado. Las características de los distintos esquemas de distribución se indican en la ITC-BT-08 del RBT, aunque UFD solo admite el esquema TN para este tipo de instalaciones.

UFD permite el uso del IT sin neutro para instalaciones de características especiales, como es el caso de quirófanos de hospitales, o locales con riesgo de incendio o explosión, pero no aconseja el uso del esquema TT por no ofrecer las garantías necesarias fijadas en la red de UFD.

Por lo tanto, indicamos las características generales de designación de los distintos elementos y, concretamente nos centramos en definir el sistema TN. El sistema elegido por características de seguridad, TN-S, se desarrolla posteriormente en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24 del RBT.

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado, TN-S en nuestro caso.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

- Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

- Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.

C = Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Se distinguen tres tipos de

esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema.
- Esquema TN-C-S: En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

La acometida será subterránea y conforme a las prescripciones particulares fijadas por la compañía suministradora, Normas Particulares de UFD, Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión, Instalaciones de enlace de Baja Tensión.

La instalación de los conductores se realiza con tendido en canalizaciones entubadas. Aunque el tendido es menos económico que los conductores directamente enterrados, debido a introducir los cables en los tubos, su hormigonado y, la construcción de arquetas de registro, tiene la ventaja que cualquier mantenimiento u obra realizada a posteriori en el conductor eléctrico evita realizar excavaciones, además aumenta la seguridad al reducir en un mayor grado las averías provocadas por la canalización de otro tipo de instalación, como es el caso de las telecomunicaciones, reparaciones en otra red de suministro o trabajos realizados sobre la acera.

La Red de Baja Tensión parte del secundario de los transformadores con una distribución trifásica con neutro. El conductor neutro tiene su origen en la parte central de BT de la conexión en estrella del transformador. La tensión de servicio es 400 V y 50 Hz para distribución trifásica.

En la cabecera de la red de BT se sitúa el cuadro principal de BT que tienen su origen en las barras que salen del secundario del transformador, estos 8 cuadros están ubicados dentro de cada CT y en las proximidades de cada transformador, para así conseguir la menor caída de tensión de los conductores.

Cada cuadro tiene una protección general con un interruptor principal, y aguas abajo de éste se sitúan las protecciones secundarias de cada CGP, las cuales permiten dar servicio de energía eléctrica a las naves industriales o a la red de alumbrado público a través de la Caja de protección y medida.

La sección del conductor de cobre que alimenta el interruptor general es de 240 mm<sup>2</sup> con una distribución en 2 ternos y aislamiento XLPE, mientras que la sección que entra en cada interruptor secundario coincide con la que llega a cada CGP o CPM.

Las acometidas a las parcelas se realizan con un conductor de cobre con una distribución trifásica en 1 terno y aislamiento de XLPE. La sección será en función de la carga prevista a cada nave industrial según la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”.

Las secciones de las acometidas varían desde 25 mm<sup>2</sup> para alimentar la nave número 35 con una potencia prevista 44,60 kW, hasta 150 mm<sup>2</sup> para alimentar a la nave número 20 con una potencia prevista 124,90 kW, estas secciones, como se menciona en el párrafo anterior, vienen condicionadas por la superficie de cada parcela.

El número de líneas de distribución coincide con el número de naves industriales, 35. La cantidad de líneas que sale de cada transformador depende exclusivamente de la carga máxima que soporta y, varían desde 6 líneas de distribución en el CT 1, hasta 3 líneas de distribución para el CT 3.

Todos los conductores son subterráneos y con canalización entubada.

La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie varia de: 1,16 m bajo acera cuando existen de 4 a 6 líneas de distribución como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12; hasta 0,96 m bajo acera cuando existe 3 líneas de distribución como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12.

Esta profundidad cumple la normativa vigente según el apartado 2.1.1 de la ITC-07 del RBT, la profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada; y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

Las CGP tienen su emplazamiento a la entrada de cada parcela en un muro de hormigón construido a tal fin. Están compuestas por las protecciones necesarias a través de fusibles y, además poseen un equipo de medida para llevar un control del consumo de cada parcela. La ubicación de las CGP y, el trazado de los conductores que alimentan a éstas se puede observar en el plano Red de Distribución en BT, número 6.

El apartado 2.1.2 de la ITC-07 del RBT indica que, para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m.

Por lo tanto, en la red de distribución de BT se instalarán un total de 44 arquetas, distribuidas de forma que se situará una arqueta a la entrada del conductor de alimentación en la CGP para las 35 parcelas, una para cambio de dirección, mientras que las 8 restantes se instalarán a la salida de la línea de distribución en cada uno de los CT.

#### 2.5.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales en redes de distribución en BT.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de Baja Tensión, 2 septiembre 2011.
- Apuntes del Ciclo Superior de Instalaciones Electrotécnicas, 2000. IES Marqués de Suanzes, Ferrol, A Coruña.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- La tensión nominal o de servicio será de 400/230,94 V y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- Las cajas generales de protección en una instalación trifásica son CGP-7-160/BUC con fusibles de 100 y 160 A según las necesidades proyectadas en la previsión de cargas, además de CGP-7-250/BUC con fusibles de 250 A.

Las características técnicas de las CGP se indican en el apartado 8.4 de las Normas Particulares de UFD para Instalaciones de Enlace en BT.

- El cálculo de la acometida será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.
- La previsión de cargas se realizará de acuerdo con la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”, además de añadir la potencia de alumbrado público de las 122 luminarias de 65 W calculadas con el DIALux 4.13 según los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI.
- La potencia máxima instalada es 2.628,17 kW (3.091,97 kVA) según se indica en los cálculos descritos en varias tablas eléctricas del presente proyecto.
- La potencia máxima admitida en cada uno de los cuadros principales de BT situados en los 8 CT dependerá del calibre del interruptor general automático situado aguas arriba de la instalación, en nuestro caso es un magnetotérmico tetrapolar de 630 A, soportando una potencia máxima admitida de 458,301 kVA.
- El presente proyecto implementará un sistema de régimen de neutro de conexión TN-S según las medidas descritas en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24.
- Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario, como es el caso de este proyecto para las líneas de distribución de las naves industriales, no existe línea general de alimentación y su caída de tensión máxima admisible es de 1,5% según la ITC-BT-15.

La derivación individual y la línea general de alimentación es el mismo conductor.

- El contador en la instalación objeto de diseño, se colocará en la caja general de protección según la ITC-BT-13 al ser un suministro para un único usuario en cada parcela del polígono industrial. En este caso se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida.
- La sección de la derivación individual o la línea general de alimentación para el caso de un solo usuario será de 3 unipolares con superficie de fase según la tabla 5 de la ITC-BT-07 y, relacionada con la intensidad máxima admisible obtenida en el cálculo de la previsión de cargas en conductores de cobre en instalación enterrada.

La sección del conductor neutro se indican en la tabla 1 de la ITC-BT-07 y la tabla 1 de la ITC-BT-08 y en función del conductor de fase.

La sección del conductor de protección se fija en la tabla 2 de la ITC-BT-19 en función del conductor de fase.

- La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido según ITC-BT-14 y de sección superior aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto. La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-10.
- La sección de los conductores se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: la tabla del fabricante General Cable; las tablas de la ITC-BT-07 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT; proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de BT.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados como es el caso del presente proyecto, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, además de lo fijado en la instrucción ITC-BT-15.
- La tabla 1 de ITC-BT-19 detalla que la sección de los conductores a utilizar en la instalación interior en función de las intensidades admisibles y el número de conductores.

Esta misma instrucción también indica que la sección se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos (fuerza).

- Como la derivación individual tiene una caída de tensión del 1,5 %, quedará otro 1,5 % de caída tensión para la instalación interior de alumbrado en las naves industriales o alumbrado público, en cambio resta un 3,5 % para fuerza en las mismas naves.
- El diámetro de los tubos para la derivación individual se calculará utilizando la tabla 1 de la ITC-BT-14 y, la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21.
- Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
- El factor de potencia de cada receptor de alumbrado será mayor o igual a 0,9 según la ITC-BT-44. En nuestro caso el factor de potencia en alumbrado público es de 0,96 al



considerarse las luminarias led prácticamente como lámparas incandescentes a efectos de cálculo.

El factor de potencia en el resto de la instalación, las naves industriales, será de 0,85 por considerarse el caso más restrictivo y similar al valor indicado de 0,86 por la ITC-BT-40 para el control de la energía reactiva en instalaciones con generadores asíncronos.

- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas para el RBT.
- La conductividad del cobre a efectos de cálculo será  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor aproximado sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- Según ITC-BT-40 en los motores de ascensores, grúas y aparatos de elevación en general, tanto de corriente continua como de alterna, se computará como intensidad normal a plena carga, la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad de régimen una vez pasado el período de arranque, multiplicada por el coeficiente 1,3.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

- Según ITC-BT-10, la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Por lo tanto, en el alumbrado público y en las naves industriales (ITC-BT 10 en su apartado 4.2), el coeficiente simultaneidad será 1.

- El factor de utilización será 1 para alumbrado público y las naves industriales, por lo tanto, toda la instalación eléctrica, por considerar que todos los equipos de BT pueden estar utilizados al mismo tiempo en la situación más desfavorable.

- Los cables de la instalación interior serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, como es nuestro caso en las líneas de distribución desde los CT hasta las CGP, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

- Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

En los esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección tendrán una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra.

Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las otras instrucciones técnicas aplicables en Baja Tensión para la red de tierra serán: ITC-BT-24; ITC-BT-26; ITC-BT-28.

- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de BT.

El **método de cálculo** empleado fue la utilización de la aplicación de software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RBT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Se empezará a calcular la intensidad de los receptores aguas abajo en el punto más alejado del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del

transformador, que determinará, junto con la sección de los conductores, el calibre de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección si procede.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc. Una vez calculada la intensidad se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección normalizados después de aplicar los coeficientes necesarios, según la existencia o no de motores, lámparas de descarga, factor de simultaneidad, factor de utilización, canalización subterránea o aérea, etc.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según el RBT y consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en la tabla del fabricante para el tipo de conductor subterráneo utilizado, junto con la tabla de la ITC-BT-07, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** necesarias para el diseño de la línea de distribución en Baja Tensión y, para facilitar la comprensión de las fórmulas utilizadas realizaremos al mismo tiempo un ejemplo de cálculo de una línea de distribución trifásica en este proyecto.

El **ejemplo** de la línea de distribución es la Línea de Alimentación 3.1, que tiene su origen en el del cuadro principal de BT del CT 3 y, finaliza en la CGP de la nave industrial 20. Como se indicó anteriormente, el diseño de esta línea de distribución será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.

- **La Potencia Aparente** de las naves industriales de acuerdo con la ITC-BT 10 en su apartado 4.2.

- Potencia Aparente.

$$S = \frac{P}{\cos(\phi)} \quad (2.5.4.1)$$

En donde:

S = Potencia aparente de suministro de la nave industrial (kVA).

P = Potencia activa de suministro de la nave industrial (kW).

Cos  $\phi$  = Factor de potencia de los receptores en la línea de alimentación.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

P = 124,90 kW.

Cos ( $\phi$ ) = 0,85.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

S = 146,94 kVA.

- **La Intensidad calculada** en función de la previsión de cargas de las naves industriales.

- Intensidad.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L * n} \quad (2.5.4.2)$$

En donde:

I = Intensidad nominal de carga (A).

S = Potencia aparente de suministro de la nave industrial (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$n$  = Número de ternos de la línea de distribución.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$S = 146,94 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

$$n = 1.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I = 212,09 \text{ A.}$$

- **La Intensidad de cálculo** será la intensidad calculada en el paso anterior cuando se aproxima superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección normalizados.

$$I_{\text{CÁLCULO}} = 250 \text{ A.}$$

- Factor de corrección para temperatura del terreno de 35 °C y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de 90 °C según la tabla 6 de la ITC-BT-07.

$$K_1 = 0,92.$$

- Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno 1,20 K\*m/W por ser un conductor unipolar en una de las situaciones más desfavorable que se pudiera presentar, como indica la tabla 7 de la ITC-BT-07.

$$K_2 = 0,93.$$

- Factor de corrección por la distancia de 200 mm entre 3 ternos de la zanja para cables no directamente enterrados (bajo tubo), según la tabla 8 de la ITC-BT-07.

$$K_3 = 0,79.$$

- Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables enterrados a 1,20 m según la tabla 9 de la ITC-BT-07.

$$K_4 = 0,95.$$

- Factor de corrección para una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo según el apartado 3.1.3 de la ITC-BT-07.

$$K_5 = 0,80.$$

- **Factor de corrección total** según la instalación elegida.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.5.4.3)$$

En donde:

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

$K_1$  = Factor de corrección por la temperatura del terreno.

$K_2$  = Factor de corrección por la resistividad térmica del terreno.

$K_3$  = Factor de corrección por la distancia entre ternos.

$K_4$  = Factor de corrección por la profundidad de los cables.

$K_5$  = Factor de corrección por cables unipolares en el interior de un mismo tubo.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_1 = 0,92.$$

$$K_2 = 0,93.$$

$$K_3 = 0,79.$$

$$K_4 = 0,95.$$

$$K_5 = 0,80.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,5137.$$

- **La Intensidad tabla** es la intensidad máxima admisible del conductor en función del tipo de instalación elegida y, posee una relación directa con los valores indicados en la tabla 5 de la ITC-BT-07.

- Intensidad tabla.

$$I_{\text{TABLA}} = \frac{I}{K_{\text{REDUCTOR}}} \quad (2.5.4.4)$$

En donde:

$I_{\text{TABLA}}$  = Intensidad máxima admisible del conductor según la instalación elegida (A).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I = 212,09 \text{ A.}$$

$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,5137.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{\text{TABLA}} = 412,87 \text{ A.}$$

- **La Sección tabla** es la sección mínima que corresponde con un valor superior a la intensidad tabla según indica la tabla 5 de la ITC-BT-07 para una terna de cables unipolares con aislamiento XLPE.

$$S_{\text{TABLA}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección mínima** es la sección mínima que corresponde con la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT para la Potencia activa de suministro de la nave industrial.

$$S_{\text{MÍNIMA}} = 70 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección que prevalece**, entre la sección tabla y sección mínima, será la que posea una superficie mayor de los dos valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{TABLA}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión máxima** será de 1,50%, dividiéndola entre el 1,40% para la línea de distribución de las naves industriales y, 0,10% para el conductor que alimenta el cuadro principal desde el secundario del transformador.

Se decide hacer este reparto de caída de tensión por que la longitud de los conductores del cuadro principal tendrá un valor tan pequeño respecto al conjunto de la línea eléctrica, ya que los equipos eléctricos están muy próximos (separados por un tabique), en cada edificio prefabricado que alberga los 8 CT.

- Caída de tensión máxima.

$$E = \frac{CDT_{\text{MÁXIMA}} * V_L}{100} \quad (2.5.4.5)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$CDT_{\text{MÁXIMA}}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$CDT_{\text{MÁXIMA}} = 1,40 \text{ \%}.$$

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 5,6 \text{ V.}$$

- **La Potencia aparente de cálculo** será la potencia aparente utilizada para calcular la sección mínima del conductor.
- Potencia aparente de cálculo.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{CÁLCULO}} \quad (2.5.4.6)$$

En donde:

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{CÁLCULO}}$  = Intensidad del magnetotérmico y/o los fusibles normalizados (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

$$I_{\text{CÁLCULO}} = 250 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA.}$$

- **La Sección de cálculo** será la sección mínima por utilizar en la línea de distribución, condicionada por el valor máximo de caída de tensión indicado en el apartado anterior.
- Sección de cálculo.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_L} \quad (2.5.4.7)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo (mm<sup>2</sup>).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre (m/Ω\*mm<sup>2</sup>).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).



- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$L = 81,50 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2.$$

$$E = 5,6 \text{ V.}$$

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = 112,53 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección real** es la que prevalece entre la sección tabla, sección mínima y sección de cálculo al poseer una superficie mayor de los tres valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{REAL}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.

- Caída de tensión real.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_L} \quad (2.5.4.7)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$L = 81,50 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2.$$

$$S_{\text{REAL}} = 150 \text{ mm}^2.$$

$$V_L = 400 \text{ V}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E_{\text{REAL}} = 4,201 \text{ V}.$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real.

$$CDT_{\text{REAL}} = \frac{E_{\text{REAL}} * 100}{V_L} \quad (2.5.4.5)$$

En donde:

$CDT_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$E_{\text{REAL}} = 4,201 \text{ V}.$$

$$V_L = 400 \text{ V}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$CDT_{\text{REAL}} = 1,05 \text{ \%}.$$

- **El Diámetro de los tubos** estará diseñado de acuerdo con la tabla 1 de la ITC-BT-14 y la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, por lo tanto, para una sección de 3 conductores de fase unipolares XLPE con 150 mm<sup>2</sup> y conductor neutro de 70 mm<sup>2</sup>, le corresponde un tubo de 160 mm.

En el caso de existir contradicción entre las normas, se elegiría el valor más restrictivo, diámetro mayor.

$$\varnothing = 160 \text{ mm}.$$

- **La CGP** será el modelo de CGP-7-250/BUC con 3 fusibles de 250 A, de acuerdo con los cálculos efectuados para la obtención de la Intensidad de cálculo.

- A pesar de no incluir la Intensidad de cortocircuito de los elementos de protección en las tablas de resultados finales, se realizará un ejemplo del método de cálculo necesario para la obtención del mencionado valor.
- **La Resistencia del conductor** será la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.
- Resistencia del conductor.

$$R_{LA\_3.1} = \frac{L_{240}}{K * n_{240} * S_{REAL\_240}} + \frac{L_{150}}{K * n_{150} * S_{REAL\_150}} \quad (2.5.4.8)$$

En donde:

$R_{LA\_3.1}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

$L_{240}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3 (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $m/\Omega * mm^2$ ).

$n_{240}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.

$S_{REAL\_240}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3 ( $mm^2$ ).

$L_{150}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.1 (m).

$n_{150}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.1.

$S_{REAL\_150}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.1 ( $mm^2$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$L_{240} = 6$  m.

$K = 56$   $m/\Omega * mm^2$ .

$n_{240} = 2$ .

$S_{REAL\_240} = 240$   $mm^2$ .

$L_{150} = 81,50$  m.

$n_{150} = 1$ .

$S_{REAL\_150} = 150$   $mm^2$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$R_{LA\_3.1} = 9,926 * 10^{-3}$   $\Omega$ .

- **La Intensidad de cortocircuito** mínima como poder de corte del interruptor magnetotérmico usado para ser el elemento de protección de la línea de distribución LA 3.1.
- Intensidad de cortocircuito mínima.

$$I_{CC\_LA\_3.1} = \frac{0,8 * V_L}{R_{LA\_3.1}} \quad (2.5.4.9)$$

En donde:

$I_{CC\_LA\_3.1}$  = Intensidad de cortocircuito mínima de la línea de alimentación 3.1 (A).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$R_{LA\_3.1}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

$R_{LA\_3.1} = 9,926 * 10^{-3} \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{CC\_LA\_3.1} = 32,239 * 10^3 \text{ A}$ .

### 2.5.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjuntan los documentos utilizados para el diseño de la Red de Distribución en Baja Tensión.

El **primer archivo** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de carga de los cuadros principales en BT.

La previsión de carga de los cuadros principales en BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador, permite calcular las características eléctricas de los conductores de alimentación de los cuadros principales, los cuales distribuyen la energía eléctrica a las naves industriales y el alumbrado público.

El **segundo documento** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de carga de las naves industriales en BT.

La previsión de carga de las naves industriales en BT permite calcular las características eléctricas de los conductores de alimentación de las CGP en las naves industriales.

PREVISIÓN DE CARGA CUADROS PRINCIPALES EN BAJA TENSIÓN																									
ALIMENTACIÓN CUADROS PRINCIPALES		FASES RST																							
		Tensión (V)	Potencia (Kw)	Potencia (Kva)	cosφ	Ternos	Intensidad (A)	Intensidad cálculo (A)	K_terreno	K_resistividad	K_ternos	K_profundidad	K_tubo	K_total	Intensidad Tabla (A)	Sección Tabla (mm <sup>2</sup> )	Sección Mínima (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Cdt Máxima (%)	Sección Cálculo (mm <sup>2</sup> )	Sección Real (mm <sup>2</sup> )	Cdt Real (%)	Tubo (mm)	LA	Planos
CT 1	CP 1	400	330,190	388,459	0,85	2	280,346	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	545,736	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	1	10, 15
CT 2	CP 2	400	330,470	388,788	0,85	2	280,584	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	546,199	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	2	10, 15
CT 5	CP 5	400	321,030	377,682	0,85	2	272,569	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	530,597	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	5	10, 15
CT 6	CP 6	400	325,210	382,600	0,85	2	276,118	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	537,505	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	6	10, 15
CT 3	CP 3	400	328,645	386,641	0,85	2	279,034	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	543,183	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	3	10, 15
CT 4	CP 4	400	327,855	385,712	0,85	2	278,363	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	541,877	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	4	10, 15
CT 7	CP 7	400	327,250	385,000	0,85	2	277,850	315	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	540,877	240	240	6	0,10	146,142	240	0,061	200	7	10, 15
CT 8	CP 8	400	337,520	397,082	0,85	3	191,046	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,514	371,901	120	120	6	0,10	92,788	120	0,077	160	8	10, 15

Tabla 2.5.5.1 – Previsión de carga cuadros principales en BT

PREVISIÓN DE CARGA NAVES																											
DERIVACIÓN INDIVIDUAL		FASES RST																									
		Tensión (V)	Potencia (Kw)	Potencia (Kva)	cosφ	Ternos	Intensidad (A)	Intensidad cálculo (A)	K_terreno	K_resistividad	K_ternos	K_profundidad	K_tubo	K_total	Intensidad Tabla (A)	Sección Tabla (mm²)	Sección Mínima (mm²)	Longitud (m)	Cdt Máxima (%)	Sección Cálculo (mm²)	Sección Real (mm²)	Cdt Real (%)	Tubo (mm)	CGP (A)	LA	Planos	
CT 1	Nave 1	400	36,09	42,46	0,85	1	61,28	63	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	119,30	16	10	71,88	1,40	25,01	35	1,00	110	160	1.1	6, 12, 15	
	Nave 2	400	53,99	63,52	0,85	1	91,68	100	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	178,47	35	25	54,44	1,40	30,07	35	1,20	110	160	1.2	6, 12, 15	
	Nave 6	400	61,07	71,85	0,85	1	103,70	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	201,87	50	25	20,21	1,40	13,95	50	0,39	125	160	1.3	6, 12, 15	
	Nave 7	400	59,64	70,16	0,85	1	101,27	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	197,15	50	25	31,46	1,40	21,72	50	0,61	125	160	1.4	6, 12, 15	
	Nave 8	400	59,24	69,69	0,85	1	100,59	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	195,82	50	25	46,46	1,40	32,08	50	0,90	125	160	1.5	6, 12, 15	
	Nave 9	400	60,16	70,78	0,85	1	102,16	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	198,86	50	25	61,46	1,40	42,43	50	1,19	125	160	1.6	6, 12, 15	
CT 2	Nave 3	400	68,67	80,79	0,85	1	116,61	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	226,99	50	35	52,47	1,40	36,22	50	1,01	125	160	2.1	6, 12, 15	
	Nave 4	400	65,30	76,82	0,85	1	110,89	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	215,86	50	25	37,47	1,40	25,87	50	0,72	125	160	2.2	6, 12, 15	
	Nave 5	400	62,72	73,79	0,85	1	106,50	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	207,33	50	25	26,22	1,40	18,10	50	0,51	125	160	2.3	6, 12, 15	
	Nave 10	400	61,61	72,48	0,85	1	104,62	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	203,66	50	25	68,20	1,40	47,08	50	1,32	125	160	2.4	6, 12, 15	
	Nave11	400	72,17	84,91	0,85	1	122,55	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	238,56	70	35	84,20	1,40	58,13	70	1,16	160	160	2.5	6, 12, 15	
CT 5	Nave 12	400	79,85	93,94	0,85	1	135,59	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	263,95	70	35	41,95	1,40	37,07	70	0,74	160	160	5.1	6, 12, 15	
	Nave 13	400	74,98	88,21	0,85	1	127,32	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	247,85	70	35	25,95	1,40	22,93	70	0,46	160	160	5.2	6, 12, 15	
	Nave 14	400	79,38	93,39	0,85	1	134,79	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	262,40	70	35	14,70	1,40	12,99	70	0,26	160	160	5.3	6, 12, 15	
	Nave 15	400	84,87	99,85	0,85	1	144,12	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	280,55	95	50	20,22	1,40	17,87	95	0,26	160	160	5.4	6, 12, 15	
CT 6	Nave 16	400	90,75	106,76	0,85	1	154,10	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	299,98	95	50	23,20	1,40	20,50	95	0,30	160	160	6.1	6, 12, 15	
	Nave 17	400	96,77	113,85	0,85	1	164,32	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	319,88	95	50	38,20	1,40	42,20	95	0,62	160	250	6.2	6, 12, 15	
	Nave 18	400	51,50	60,59	0,85	1	87,45	100	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	170,24	35	25	53,00	1,40	29,27	35	1,17	110	160	6.3	6, 12, 15	
	Nave 19	400	84,24	99,11	0,85	1	143,05	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	278,46	70	50	119,52	1,40	105,62	120	1,23	160	160	6.4	6, 12, 15	
CT 3	Nave 20	400	124,90	146,94	0,85	1	212,09	250	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	412,87	150	70	81,50	1,40	112,53	150	1,05	160	250	3.1	6, 12, 15	
	Nave 21	400	102,14	120,16	0,85	1	173,44	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	337,63	120	70	66,50	1,40	73,46	120	0,86	160	250	3.2	6, 12, 15	
	Nave 22	400	99,59	117,16	0,85	1	169,11	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	329,20	95	50	51,50	1,40	56,89	95	0,84	160	250	3.3	6, 12, 15	
CT 4	Nave 23	400	96,72	113,79	0,85	1	164,24	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	319,72	95	50	48,09	1,40	53,12	95	0,78	160	250	4.1	6, 12, 15	
	Nave 24	400	92,80	109,18	0,85	1	157,58	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	306,76	95	50	33,13	1,40	29,28	95	0,43	160	160	4.2	6, 12, 15	
	Nave 25	400	88,00	103,53	0,85	1	149,43	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	290,89	95	50	21,88	1,40	19,34	95	0,28	160	160	4.3	6, 12, 15	
	Nave 29	400	48,32	56,85	0,85	1	82,05	100	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	159,73	25	16	95,16	1,40	52,56	70	1,05	160	160	4.4	6, 12, 15	
CT 7	Nave 26	400	92,39	108,69	0,85	1	156,89	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	305,40	95	50	136,26	1,40	120,41	150	1,12	160	160	7.1	6, 12, 15	
	Nave 27	400	64,05	75,35	0,85	1	108,76	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	211,72	50	25	112,26	1,40	77,50	95	1,14	160	160	7.2	6, 12, 15	
	Nave 28	400	59,61	70,13	0,85	1	101,22	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	197,05	50	25	87,59	1,40	60,47	70	1,21	160	160	7.3	6, 12, 15	
	Nave 30	400	50,51	59,42	0,85	1	85,77	100	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	166,97	35	16	35,00	1,40	19,33	35	0,77	110	160	7.4	6, 12, 15	
	Nave 31	400	60,69	71,40	0,85	1	103,06	125	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	200,62	50	25	20,00	1,40	13,81	50	0,39	125	160	7.5	6, 12, 15	
CT 8	Nave 32	400	104,67	123,14	0,85	1	177,74	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	346,00	120	70	21,87	1,40	24,16	120	0,28	160	250	8.1	6, 12, 15	
	Nave 33	400	106,55	125,35	0,85	1	180,93	200	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	352,21	120	70	16,40	1,40	18,12	120	0,21	160	250	8.2	6, 12, 15	
	Nave 34	400	81,70	96,12	0,85	1	138,73	160	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	270,07	70	35	27,65	1,40	24,43	70	0,49	160	160	8.3	6, 12, 15	
	Nave 35	400	44,60	52,47	0,85	1	75,73	80	0,92	0,93	0,79	0,95	0,80	0,51	147,43	25	16	45,01	1,40	19,89	25	1,11	110	160	8.4	6, 12, 15	
Total		20000	2620,24	3082,64	0,85	2	44,49																				

Tabla 2.5.5.2 – Previsión de carga naves

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO**

	Páginas
2.6 ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO .....	397
2.6.1 Objeto .....	397
2.6.2 Alcance .....	397
2.6.3 Descripción de la instalación .....	397
2.6.4 Cálculos .....	400
2.6.5 Resultados finales .....	431



## **2.6 ANEXO 6: RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO**

El anexo 6 indica cada una de las partes de la Red de Distribución en Alumbrado Público, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.6.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de la instalación eléctrica en Alumbrado Público. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.6.2 Alcance**

El alcance del presente anexo es la red de distribución en Alumbrado Público del polígono industrial Ártabro.

La red de Alumbrado Público se proyecta de trazado bilateral desplazado en la Avenida Eduardo Pondal y unilateral arriba en las calles Rosalía de Castro y Castela, en función de la sección viaria.

El esquema de la Red de Alumbrado Público es indicativo y, se representa con sus características principales de tendido en el plano Red Distribución Alumbrado Público, número 7. El esquema eléctrico se ajustará en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

Las líneas de distribución de alumbrado público que alimentan las luminarias desde los 4 Centros de Transformación es propiedad del Ayuntamiento de Narón y, una vez ejecutadas las obras de instalación, no se procederá a cederlas a la compañía suministradora (UFD), por lo tanto, el diseño de la red de distribución en Alumbrado Público forma parte del presente proyecto.

El mantenimiento y modificaciones de la red eléctrica será responsabilidad exclusiva del Ayuntamiento de Narón, aunque puede externalizar los trabajos si supone una reducción de costes.

El suministrador que presta dicho servicio eléctrico será responsable de mantener una calidad y fiabilidad del suministro de la energía eléctrica.

### **2.6.3 Descripción de la instalación**

El objetivo primordial del Alumbrado Público es proporcionar, durante las horas del día que no hay luz natural, una visibilidad que permita utilizar las áreas públicas por los ciudadanos con una garantía de seguridad y bienestar físico acorde a unos mínimos estándares de calidad según la normativa vigente.

Después de analizar los diferentes modelos de luminarias: vapor de mercurio; vapor de sodio de baja potencia; vapor de sodio de alta potencia; inducción; led, microled; CFL (tubo fluorescente que posee halogenuros) con balasto; y CFL sin balasto; decimos utilizar las luminarias led por ser las que ofrecen una mayor eficiencia energética y bajo consumo en relación con los armónicos generados, además entre otros factores permite un control integrado de flujo luminoso con preajustes fijos, menor tiempo de arranque efectivo, proporciona luz clara y mínimo factor de potencia.

Con la finalidad de actuar sobre las luminarias a determinadas horas y por zonas de uso, se instalarán interruptores horarios que, junto con el modelo de lámpara elegido, aporta ciertas ventajas en el alumbrado público:

- A temperaturas ambiente extremas es posible que la luminaria se atenúe automáticamente para proteger los componentes.
- Tolerancia de consumo de energía  $\pm 11\%$ .
- Tolerancia de flujo lumínico  $\pm 7\%$ .
- Ahorro energético al poseer protección contra sobretensiones.
- Ahorro energético al reducir el alumbrado en horas de baja utilización.
- Menor contaminación.
- Aumento de la vida útil por eliminar sobretensiones y permitir atenuación automática.

La Red de Alumbrado Público tiene su origen en los 4 cuadros de protección y medida, los cuales se alimentan del CT más cercano respecto de donde están ubicados y, la configuración es la siguiente:

- El cuadro de protección y medida número 1 se alimenta del CT 5. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 2 se alimenta del CT 6. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 4 se alimenta del CT 4. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.
- El cuadro de protección y medida número 3 se alimenta del CT 3. Posee una protección general en distribución trifásica y; tres protecciones secundarias y diferenciales, una por cada fase, aguas abajo del interruptor general.

Los 4 cuadros de protección y medida tienen incorporados en su interior un interruptor astronómico que permite el control de funcionamiento de las luminarias por medio de configuración prefijada según las necesidades de los usuarios del polígono industrial.

La tensión de servicio es 400 V y 50 Hz para la distribución trifásica y, 230,94 V y 50 Hz para la distribución monofásica. La ubicación de los cuadros de protección y medida, así como la distribución de la red de alumbrado público se indica en el plano Red de Distribución en Alumbrado Público, número 7.

La sección del conductor de la línea trifásica es de cobre y alimenta el interruptor general por medio de un cable de 35 mm<sup>2</sup> con una distribución en 1 ternos y aislamiento XLPE, mientras que las tres salidas monofásicas que alimentan los interruptores secundarios se realizan con un conductor de cobre de 25 mm<sup>2</sup> con aislamiento de XLPE.

La previsión de cargas prevista para el Alumbrado Público es de 7,93 kW y, el factor de potencia mínimo de las luminarias es 0,96 según las características de diseño del fabricante. Se procuró que la carga estuviera lo más equilibrada posible en cada fase, por lo tanto, sólo hay una luminaria a mayores en la fase que ostenta el mayor desequilibrio, fase T (11).

Todos los conductores son subterráneos y con canalización entubada. La profundidad a la que se encuentra el conductor sobre la superficie es de 0,76 m bajo acera como se detalla el plano Canalización Bajo Acera, número 12.

Esta profundidad cumple la normativa vigente según el apartado 2.1.1 de la ITC-07 del RBT, la profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada; y sería la necesaria para mantener la distancia de seguridad que indica la ITC-BT-07 del RBT en su apartado 2.2.1, cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, 0,25 m para AT, que coincide con el apartado 2.2.2, proximidades y paralelismos con otros cables de energía eléctrica.

La cantidad de luminarias instaladas en el presente proyecto de ejecución son 122 unidades del modelo Philips BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO, compuesta por 1xLED110-4S/740 de potencia 65 W y 9974 lm. Los báculos son de 9 m de altura y con un brazo de 1 m.

El apartado 2.1.2 de la ITC-07 del RBT indica que, para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m.

Por lo tanto, en la red de distribución de Alumbrado Público se instalarán un total de 42 arquetas, distribuidas de forma que se situarán a intervalos de 40 m aproximadamente.

Las líneas de distribución que parten del CPM 1 y 2 se diseñan con 10 arquetas, mientras que, las líneas de alimentación que tiene su origen en el CPM 3 y 4 tendrán 11 arquetas cada una.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Por lo tanto, en la red de distribución de Alumbrado Público se instalarán un total de 30 electrodos, distribuidos de forma que se situarán a intervalos de 5 soportes de luminarias.

Las líneas de distribución que parten del CPM 1 y 2 se diseñan con 7 electrodos, mientras que, las líneas de alimentación que tiene su origen en el CPM 3 y 4 tendrán 8 electrodos cada una.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser desnudos de cobre con 35 mm<sup>2</sup> de sección, e irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación al formar parte de la propia red de tierra.

#### 2.6.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales en redes de distribución en Alumbrado Público.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Tomo I, Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto. Ministerio de Fomento.
- DIAL GMBH. DIALux 4.13 [software]. Versión 4.13.0.2.
- UNE-EN 13201-2:2016. Iluminación de carreteras. Parte 2: Requisitos de prestaciones.
- UNE-EN 13201-3:2016. Iluminación de carreteras. Parte 3: Cálculo de prestaciones.

- UNE-EN 13201-4:2016. Iluminación de carreteras. Parte 4: Métodos de medida de las prestaciones fotométricas.
- UNE-EN 13201-4:2016. Iluminación de carreteras. Parte 5: Indicadores de prestaciones energéticas.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- Los báculos y columnas tendrán la altura necesaria para poder garantizar una luminancia media, una uniformidad y un coeficiente de deslumbramiento acorde a las condiciones que determinan las Ordenanzas municipales.
- En el presente proyecto la altura de las columnas será 9 m y con un brazo de 1 m.
- Las luminancias serán cerradas, con cierre antivandálico, o muy resistente.
- La instalación de alumbrado cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- La luminancia media tendrá un valor mayor o igual a 1 cd/m<sup>2</sup>.
- La uniformidad total  $\left(\frac{L_{\text{MÍNIMA}}}{L_{\text{MEDIA}}}\right)$ , será mayor o igual a 0,4.
- La uniformidad longitudinal  $\left(\frac{L_{\text{MÍNIMA}}}{L_{\text{MEDIA}}}\right)$ , mantendrá un valor mayor o igual a 0,7.
- Los deslumbramientos molestos serán mayores a 5.
- El incremento del umbral (TI), tendrán un valor menor o igual al 14%.
- La tensión nominal o de servicio será de 400/230,94 V y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- Las características técnicas de las CPM se indican en los apartados 8.8 y 10 de las Normas Particulares de UFD para Instalaciones de Enlace en BT.
- La CPM será un modelo homologado por UFD y, que por lo menos permita incluir en su interior:
  - Un contador de consumo de energía eléctrica según indicaciones de la empresa suministradora, UFD.
  - Un IGA tetrapolar para la protección magnetotérmica general.
  - Un interruptor horario astronómico con contactor para la maniobra de mando, además de sus protecciones, ID y PIA.
  - Un ID para cada fase activa, por lo tanto, serán tres protecciones contra contactos indirectos por cuadro eléctrico.

- Un PIA en cada fase activa para proteger cada circuito, por consiguiente, serán tres protecciones magnetotérmicas por cuadro eléctrico.

Las protecciones y elementos eléctricos en el interior de la CGP estarán de acuerdo con los cálculos efectuados para la obtención de la Intensidad de cálculo.

- El cálculo de la acometida será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.
- La previsión de cargas de las 122 luminarias de 65 W calculadas con el DIALux 4.13 se ajusta a los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI.
- La potencia máxima instalada es 7,93 kW (8,26 kVA) según se indica en los cálculos descritos en varias tablas eléctricas del presente proyecto.
- La potencia máxima admitida en cada uno de los cuadros principales de BT situados en los 8 CT dependerá del calibre del interruptor general automático situado aguas arriba de la instalación, en nuestro caso es un magnetotérmico tetrapolar de 630 A, soportando una potencia máxima admitida de 458,301 kVA.
- El presente proyecto implementará un sistema de régimen de neutro de conexión TN-S según las medidas descritas en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24.
- Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario, como es el caso de este proyecto para las líneas de distribución de alumbrado público, no existe línea general de alimentación y su caída de tensión máxima admisible es de 1,5% según la ITC-BT-15.

La derivación individual y la línea general de alimentación es el mismo conductor.

- El contador en la instalación objeto de diseño, se colocará en la caja de protección y medida, CPM, según la ITC-BT-13 al ser un suministro para un único usuario. En este caso se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida.
- La sección de la derivación individual o la línea general de alimentación para el caso de un solo usuario será de 3 unipolares con superficie de fase según la tabla 5 de la ITC-BT-07 y, relacionada con la intensidad máxima admisible obtenida en el cálculo de la previsión de cargas en conductores de cobre en instalación enterrada.

La sección del conductor neutro se indican en la tabla 1 de la ITC-BT-07 y la tabla 1 de la ITC-BT-08 y en función del conductor de fase.

La sección del conductor de protección se fija en la tabla 2 de la ITC-BT-19 en función del conductor de fase.

- La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido según ITC-BT-14 y de sección superior aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto. La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-10 y los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI .
- La sección de los conductores se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: la tabla del fabricante General Cable; las tablas de la ITC-BT-07 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT; proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de BT.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados como es el caso del presente proyecto, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, además de lo fijado en la instrucción ITC-BT-15.
- La tabla 1 de ITC-BT-19 detalla que la sección de los conductores a utilizar en la instalación interior en función de las intensidades admisibles y el número de conductores.

Esta misma instrucción también indica que la sección se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos (fuerza).

- Como la derivación individual tiene una caída de tensión del 1,5 %, quedará otro 1,5 % de caída tensión para la instalación interior de alumbrado público.
- El diámetro de los tubos para la derivación individual se calculará utilizando la tabla 1 de la ITC-BT-14 y, la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21.
- Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
- El factor de potencia de cada receptor de alumbrado será mayor o igual a 0,9 según la ITC-BT-44. En nuestro caso el factor de potencia en alumbrado público es de 0,96 al considerarse las luminarias led prácticamente como lámparas incandescentes a efectos de cálculo.

- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas para el RBT.
- La conductividad del cobre a efectos de cálculo será  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor aproximado sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- Según ITC-BT-10, la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Por lo tanto, en el alumbrado público el coeficiente simultaneidad será 1.

- El factor de utilización será 1 para alumbrado público por considerar que todos los equipos de alumbrado público pueden estar utilizados al mismo tiempo en la situación más desfavorable.
- Los cables de la instalación interior serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, como es nuestro caso en las líneas de distribución desde los CT hasta las CPM, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

- Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

En los esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección tendrán una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra.

Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.



Las otras instrucciones técnicas aplicables en Baja Tensión para la red de tierra serán: ITC-BT-24; ITC-BT-26; ITC-BT-28.

- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de BT.

El **método de cálculo** empleado para las características luminotécnicas de la instalación de alumbrado público fue la utilización de la aplicación de software DIALux 4.13 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RBT, la empresa suministradora UFD y el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

El **método de cálculo** empleado para las características eléctricas de la instalación de alumbrado público fue la utilización de la aplicación de software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RBT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático, la aplicación DIALux 4.13 en nuestro caso, que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados mencionados en el apartado datos de partida. Estos programas informáticos podrán establecerse en su caso como Documentos Reconocidos.
- Se empezará a calcular la intensidad de los receptores (luminarias) aguas abajo en el punto más alejado del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador, que determinará, junto con la sección de los conductores, el calibre de los dispositivos generales de mando y protección.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc. Una vez calculada la intensidad se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección después de aplicar los coeficientes necesarios, según la existencia o no de motores, lámparas de descarga, factor de simultaneidad, factor de utilización, canalización subterránea o aérea, etc.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según el RBT y consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en la tabla del fabricante para el tipo de conductor subterráneo utilizado, junto con la tabla de la ITC-BT-07, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** necesarias para el diseño de la línea de distribución en Baja Tensión y, para facilitar la comprensión de las fórmulas utilizadas realizaremos al mismo tiempo un ejemplo de cálculo de una línea de distribución monofásica en este proyecto.

El **ejemplo** de la línea de distribución es la Línea de Alimentación 3.4.3, que tiene su origen en el CPM 3 y, finaliza en la luminaria número 91.

Antes de realizar el cálculo de la línea de distribución utilizada como ejemplo, será necesario realizar todas las operaciones necesarias para obtener los requisitos

luminotécnicos de la línea de alimentación situada en la Avenida Eduardo Pondal, que suponen los requisitos base de los cálculos eléctricos.

Como se indicó anteriormente, el diseño de esta línea de distribución será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.

- **La Altura de la luminaria** será en función del tipo de luminaria a utilizar y su flujo luminoso según se indica en la siguiente tabla.

Las luminarias empleadas en el presente proyecto tendrán un flujo luminoso de 11.000 lúmenes y el modelo seleccionado es LED.

- Altura de la luminaria.

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3.000 < \phi < 10.000$	$6 < H < 8$
$10.000 < \phi < 20.000$	$8 < H < 10$
$20.000 < \phi < 40.000$	$10 < H < 12$
$\phi > 40.000$	$H > 12$

Tabla 2.6.4.1 – Altura de la luminaria

La altura de las columnas en las luminarias será 9 m de acuerdo con el flujo luminoso (11.000 lm) de la lámpara según se indica en la tabla 2.6.4.1.

- **La Distribución de las luminarias** está relacionada con el cociente de la anchura de la calzada y la altura de montaje como se indicó en la tabla 1.14.6.7 del apartado 1.14.6 en el presente proyecto, tipos de implantación de puntos de luz de la red de distribución en alumbrado público.
- Distribución de las luminarias en la Avenida Eduardo Pondal.

$$\text{DISTRIBUCIÓN}_{\text{LUMINARIAS}} = \frac{A}{H} \quad (2.6.4.1)$$

En donde:

$\text{DISTRIBUCIÓN}_{\text{LUMINARIAS}}$  = Distribución de las luminarias según la implantación.

A = Anchura de la calzada (m).

H = Altura de la luminaria (m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$A = 9 \text{ m.}$

$H = 9 \text{ m.}$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$\text{DISTRIBUCIÓN}_{\text{LUMINARIAS}} = 1.$

Según lo indicado en la tabla 1.14.6.7, le corresponde la distribución Bilateral Tresbolillo.

- **El Factor de mantenimiento ( $F_M$ )** es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio –  $E_{\text{SERVICIO}}$ ), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (Iluminación media inicial –  $E_{\text{INICIAL}}$ ).

Por lo tanto, el factor de mantenimiento es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

El proyecto de iluminación debería diseñarse con un factor de mantenimiento total (FM) calculado para el equipo de alumbrado seleccionado, ambiente y programa de mantenimiento especificado.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria.

Nos queda por decidir si el grado de suciedad del entorno. Como la calle está en una zona rural con poco tráfico podemos pensar que la instalación no se ensuciará demasiado pero también podemos suponer que las lámparas no se limpiarán con mucha frecuencia.

- Factor de mantenimiento.

$$F_M = \frac{E_{\text{SERVICIO}}}{E_{\text{INICIAL}}} \quad (2.6.4.2)$$

En donde:

$F_M$  = Factor de mantenimiento.

$E_{\text{SERVICIO}}$  = Iluminancia media en servicio (lx).

$E_{\text{INICIAL}}$  = Iluminación media inicial (lx).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores, existen dos valores relacionados directamente con el ambiente.

$$F_{M\_LIMPIO} = 0,8.$$

$$F_{M\_SUCIO} = 0,6.$$

- Una vez evaluadas las distintas posibilidades, y, adoptando una posición conservadora le asignaremos el valor de un ambiente medio.

$$F_M = 0,67.$$

- **El Factor de utilización ( $\eta$ )** es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

El factor de utilización tiene una relación directa con el parámetro calculado anteriormente,  $DISTRIBUCIÓN_{LUMINARIAS}$ , como indica la siguiente figura.

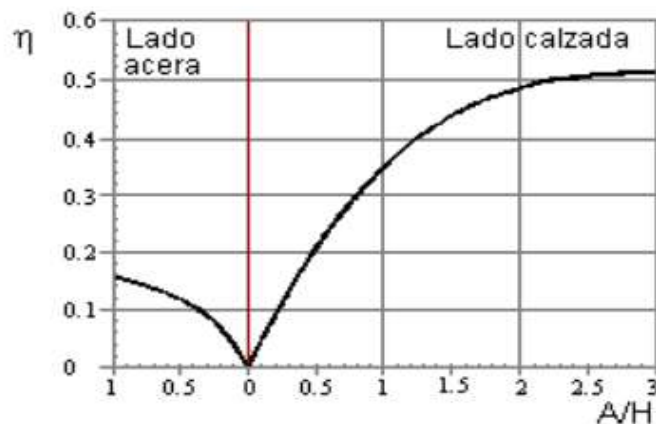


Figura 2.6.4.1 - Curva del factor de utilización (Recursos CITCEA UPC)

- Factor de utilización de las luminarias en la Avenida Eduardo Pondal.

$$\eta = 0,35.$$

- **La Iluminancia media horizontal** es el valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_M$  y se expresa en lux.

El valor de iluminancia media de la instalación será el valor medio de las iluminancias medidas en los puntos de la retícula de cálculo, de acuerdo con lo establecido en la ITC-EA-07. Podrá aplicarse el método simplificado de medida de la iluminancia media, denominado de los "nueve puntos".

La iluminancia horizontal en un punto de una superficie (E) es el cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Se expresa en lx ( $\text{lux} = 1 \text{ lm/m}^2$ ).

La iluminancia media ( $E_M$ ) ha de ser calculada y medida de acuerdo con las normas EN 13201-3 y EN 13201-4.

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C, Y) en la dirección de este, y de la altura H de montaje de la luminaria.

- Iluminancia horizontal.

$$E = \frac{I(C, Y) * (\cos(Y))^3}{H^2} \quad (2.6.4.3)$$

En donde:

E = Iluminancia horizontal (lx).

I (C, Y) = Intensidad luminosa que recibe el punto P de coordenadas (C, Y), (cd).

C = Azimut medido alrededor del primer eje fotométrico, semiplano C (°).

Y = Ángulo entre la línea que une el foco emisor y el punto P y la vertical (°).

H = Altura del foco emisor, distancia en eje z entre el foco emisor y el punto P (m).

- **La Uniformidad global o general**, o media es la relación entre el valor mínimo y valor medio de la iluminancia o luminancia en la superficie de cálculo o media.

La uniformidad global de luminancias es la relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_0$  y carece de unidades.

La uniformidad global será calculada como la relación de la luminancia menor, que tenga lugar en cualquier punto de la cuadrícula en el campo de cálculo, y la luminancia media.

La uniformidad global de la iluminancia ( $U_0$ ) ha de ser calculada y medida de acuerdo con las normas EN 13201-3 y EN 13201-4.

- Uniformidad global.

$$U_0 = \frac{E_{MIN}}{E_{MED}} = \frac{L_{MIN}}{L_{MED}} \quad (2.6.4.4)$$

En donde:

$U_0$  = Uniformidad global o media, también conocida  $U_{MED}$ .

$E_{MIN}$  = Iluminancia mínima (lx).

$E_{MED}$  = Iluminancia media (lx).

$L_{MIN}$  = Luminancia mínima (cd/m<sup>2</sup>).

$L_{MED}$  = Luminancia media (cd/m<sup>2</sup>).

- **La Luminancia media** será calculada como la media aritmética de las luminancias en los puntos de cuadrícula en el campo de cálculo.

Las iluminancias mínima y máxima serán tomadas como la menor y la mayor iluminancia que se obtenga en cualquier punto de la cuadrícula en el campo de cálculo de iluminancia.

La medición de luminancia media de la instalación se realizará cuando la situación de proyecto incluya clases de alumbrado con valores de referencia para dicha magnitud.

La luminancia media de superficie de calzada de una calzada de una vía pública ( $L_M$ ) es el valor medio de la luminancia de la superficie de la vía pública promediada sobre la calzada. Se expresa en cd/m<sup>2</sup>.

Para la medida de la luminancia media ( $L_M$ ) se utilizará un luminancímetro integrador, con limitadores de campo que correspondan a la superficie a medir: 100 m de longitud por el ancho de los carriles de circulación.

El punto de observación estará situado a 60 m antes del límite anterior de la zona de medida, y el luminancímetro estará situado a 1,5 m de altura y a 1/4 del ancho de la calzada, medido desde el límite exterior en el último carril.

El método de referencia para comprobar la luminancia media dinámica consiste en hacer dos medidas con el luminancímetro integrador, una comenzando la zona de medida entre dos luminarias y otra coincidiendo con una de las luminarias (en el caso de una disposición tresbolillo, entre dos luminarias en diferentes carriles).

La media de estas dos medidas es una buena aproximación a la luminancia media dinámica.

La luminancia en un punto de una superficie ( $L$ ) es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en la dirección del ojo del observador. Se expresa en cd/m<sup>2</sup>.

La expresión de la luminancia en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura h de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento r ( $\beta$ , tan  $\gamma$ ).

- Luminancia en un punto P.

$$L = \frac{I(C, \gamma) * r(\beta, \tan(\gamma))}{H^2} \quad (2.6.4.5)$$

En donde:

$L$  = Luminancia en un punto  $P$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

$I(C, Y)$  = Intensidad luminosa que recibe el punto  $P$  de coordenadas  $(C, Y)$ , ( $\text{cd}$ ).

$C$  = Azimut medido alrededor del primer eje fotométrico, semiplano  $C$  ( $^\circ$ ).

$Y$  = Ángulo entre la línea que une el foco emisor y el punto  $P$  y la vertical ( $^\circ$ ).

$r(\beta, \tan(Y))$  = Características de reflexión del pavimento ( $\text{sr}^{-1}$ ).

$\beta$  = Azimut de tablas -  $r$  ( $^\circ$ ).

$H$  = Altura del foco emisor, distancia en eje  $z$  entre el foco emisor y el punto  $P$  ( $\text{m}$ ).

La luminancia en un punto de una instalación de alumbrado de una carretera.

- Luminancia en un punto  $P$ .

$$L = \sum \frac{I * r}{H^2} \quad (2.6.4.6)$$

En donde:

$L$  = Luminancia en un punto  $P$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

$I$  = Intensidad luminosa, que se obtiene por interpolación cuadrática de la matriz de intensidades de la luminaria ( $\text{cd}$ ).

$r$  = Coeficiente de luminancia reducida, que también se obtiene por interpolación cuadrática de la matriz de reflexión del pavimento ( $\text{sr}^{-1}$ ).

$H$  = Altura máxima de la luminaria ( $\text{m}$ ).

No obstante, la siguiente fórmula se suele emplear para calcular la luminancia en un punto debida solo a una luminaria.

- Luminancia en un punto  $P$ .

$$L = \frac{I * r * \phi * MF * 10^{-4}}{H^2} \quad (2.6.4.7)$$

En donde:

$L$  = Luminancia mantenida ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

$I$  = Intensidad luminosa en la dirección  $(C, Y)$ , ( $\text{cd} * \text{klm}$ ).

$r$  = Coeficiente de luminancia reducido para un trayecto de luz incidente con coordenadas angulares  $(\epsilon, \beta)$ , ( $\text{sr}^{-1}$ ).

$\epsilon$  = Ángulo de incidencia de la luz en  $P$  en la superficie horizontal ( $^\circ$ ).



$\beta$  = Azimut de tablas -  $r$  (°).

$\phi$  = Flujo luminoso inicial de las fuentes en cada luminaria (klm).

MF = Factor de mantenimiento resultante de multiplicar el factor de mantenimiento de flujo de la lámpara por el factor de mantenimiento de la luminaria.

H = Altura de montaje de las luminarias sobre la superficie de la calzada (m).

La luminancia total en un punto,  $L_p$  es consecuencia de las aportaciones de todas las luminarias de la instalación y su valor se obtiene como la suma de las contribuciones  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  ...  $L_N$ , de todas las luminarias que tienen influencia en ese punto.

- Luminancia total en un punto.

$$L_p = \sum_{K=1}^N L_K \quad (2.6.4.8)$$

En donde:

$L_p$  = Luminancia total en un punto (cd/m<sup>2</sup>).

$L_K$  = Luminancia de todas las luminarias de la instalación (cd/m<sup>2</sup>).

- **La Uniformidad longitudinal** será calculada como la relación de la luminancia mínima a la luminancia máxima en dirección longitudinal a lo largo de la línea central de cada carril, y de la línea de borde en el caso de autovías.

El número de puntos en sentido longitudinal (N) y la separación entre los mismos serán idénticos a los utilizados para el cálculo de luminancia media.

La posición del observador estará en línea con la fila de puntos de cálculo.

La Uniformidad longitudinal de luminancias ( $U_L$ ) es la relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos. Carece de unidades.

Si los puntos de la cuadrícula no coinciden con el centro de los carriles, para el cálculo de uniformidad longitudinal de la luminancia será necesario calcular la luminancia de puntos de la línea central de cada carril y del bordillo.

La uniformidad longitudinal se debe calcular como la relación de la menor a la mayor luminancia en la dirección longitudinal a lo largo de cada línea central de cada carril de la cuadrícula usada para el cálculo de la de la luminancia media.

El observador se debe posicionar en el centro de cada carril sucesivamente.

El valor operativo es la uniformidad longitudinal mínima de todos los carriles.

El valor se debe imprimir o visualizar en el formulario, con el número de dígitos que son definidas las tablas de requisitos de la Norma EN 13201-2, es decir dos cifras decimales.

- **El Deslumbramiento perturbador** es el deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable.

Se considera que contribuyen al deslumbramiento perturbador todas las luminarias que se encuentren a menos de 500 m de distancia del observador.

El ángulo de apantallamiento, a efectos de cálculo del deslumbramiento perturbador en alumbrado vial, no se considerarán las luminarias cuya dirección de observación forme un ángulo mayor de  $20^\circ$  con la línea de visión, ya que se suponen apantalladas por el techo del vehículo.

La posición del observador se definirá tanto en altura como en dirección longitudinal y transversal a la dirección de las luminarias:

- a) El observador se colocará a 1,5 m de altura sobre la superficie de la calzada en dirección longitudinal, de forma tal que, la luminaria más cercana a considerar se encuentre formando exactamente  $20^\circ$  con la línea de visión, es decir, a una distancia igual a  $(h - 1,5) \operatorname{tg} 70^\circ$ .
- b) En el caso de disposiciones al tresbolillo, se efectuarán dos cálculos diferentes (con la primera luminaria de cada lado formando  $20^\circ$ ) y se considerará para los cálculos, el mayor valor de los dos.
- c) En dirección transversal se situará a  $1/4$  de ancho total de la calzada, medido desde el borde derecho de la misma.

A partir de esta posición se calcula la suma de las luminancias de velo producidas por la primera luminaria en la dirección de observación y las luminarias siguientes hasta una distancia de 500 m.

Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador o incapacitivo en las vías de tráfico rodado producido por instalaciones de alumbrado distintas de las de viales. Dicho incremento constituye la medida por la que se cuantifica la pérdida de visión causada por dicho deslumbramiento. El TI producido por el alumbrado vial está limitado por la ITC-EA-02.

La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo  $L_V$  y la luminancia media de la calzada  $L_M$  (entre 0,05 y 5  $\text{cd/m}^2$ ).

- Deslumbramiento perturbador.

$$TI = 65 * \frac{L_V}{(L_M)^{0,8}} \quad (2.6.4.9)$$

En donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador (%).

$L_V$  = Luminancia de velo total ( $\text{cd/m}^2$ ).

$L_M$  = Luminancia media de la calzada ( $\text{cd/m}^2$ ).

En el caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a  $5 \text{ cd/m}^2$ , cambiará la fórmula del incremento de umbral de contraste del deslumbramiento perturbador.

- Deslumbramiento perturbador.

$$TI = 95 * \frac{L_V}{(L_M)^{1,05}} \quad (2.6.4.10)$$

En donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador (%).

$L_V$  = Luminancia de velo total ( $\text{cd/m}^2$ ).

$L_M$  = Luminancia media de la calzada ( $\text{cd/m}^2$ ).

- **La Luminancia de velo** está directamente relacionada con el deslumbramiento perturbador. El sumatorio está extendido a todas las luminarias de la instalación.

Para el cálculo de la luminancia de velo en cada hilera de luminarias, se comienza por la más cercana, alejándose progresivamente y acumulando las luminancias de velo producidas por cada una de ellas, hasta que su contribución individual sea inferior al 2% de la acumulada, y como máximo hasta las luminarias situadas a 500 m del observador.

Finalmente, se sumarán las luminancias de velo de todas las hileras de luminarias.

- Luminancia de velo.

$$L_V = 10 * \sum \left( \frac{E_G}{\theta^2} \right) \quad (2.6.4.11)$$

En donde:

$L_V$  = Luminancia de velo total ( $\text{cd/m}^2$ ).

$E_G$  = Iluminancia producida en el ojo en un plano perpendicular a la línea de visión ( $\text{lx}$ ).

$\theta$  = Ángulo entre la dirección de incidencia de la luz en el ojo y la dirección de observación ( $^\circ$ ).

- **La Relación entorno** es la relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada, en ambos lados de los bordes de esta. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones entorno calculadas.

La anchura de las dos zonas de cálculo para cada relación de entorno se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

Para calcular la relación entorno (SR), es necesario definir 4 zonas de cálculo de forma rectangular situadas a ambos lados de los dos bordes de la calzada.

A cada lado de la calzada, se calcula la relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones.

La anchura ( $A_{SR}$ ) de cada una de las zonas de cálculo se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

Si los bordes de la calzada están obstruidos, se limitará el cálculo a la parte de los bordes que están despejados.

En presencia, por ejemplo, de una banda de parada de urgencia, o de un arcén que bordea la calzada, se tomará para ( $A_{SR}$ ) la anchura de este espacio.

La longitud de las zonas de cálculo de la relación entorno (SR) es igual a la separación (S) entre puntos de luz.

El número (N) de puntos de cálculo en el sentido longitudinal y la separación (D) entre dos puntos sucesivos, se determinan de igual forma a la establecida para el cálculo de luminancias e iluminancias de la calzada.

Los puntos exteriores de la malla están separados, respecto a los bordes de la zona de cálculo, por una distancia ( $D/2$ ) en el sentido transversal.

El número de puntos de cálculo en el sentido transversal será  $n = 3$  si  $A_{SR} > 2,5$  m y  $n = 1$  en caso contrario. La separación (d) entre dos puntos sucesivos, se calculará en función la anchura ( $A_{SR}$ ) de la zona de cálculo.

Las líneas transversales extremas de los puntos de cálculo estarán separadas una distancia ( $d/2$ ), de la primera y última luminaria, respectivamente.

- Separación entre dos puntos sucesivos en el sentido transversal.

$$d = 2 * \frac{A_{SR}}{n} \quad (2.6.4.12)$$

En donde:

$d$  = Separación entre dos puntos sucesivos en el sentido transversal (m).

$A_{SR}$  = Anchura de cada una de las zonas de cálculo (m).

$n$  = Número de puntos de cálculo en el sentido transversal.

La superficie objeto de iluminación del entorno no se presenta en el espacio de forma individual e independiente, sino que forma parte del campo de visión del observador.

Por ello debe tenerse en cuenta que, para garantizar una correcta y cómoda visión, los entornos de la superficie a iluminar deben tener unos valores de iluminancia concretos y relativos a los propios de la superficie.

En el alumbrado vial de carreteras, esta iluminación del entorno se garantiza mediante el cálculo del Factor de entorno SR. Este factor de entorno es la relación entre la iluminancia en las bandas inmediatas a la calzada y la propia iluminancia de ésta.

Otras clasificaciones en cuanto a la relación entre la iluminancia de áreas contiguas indica que ésta no debe superar el valor de 1:5 para no generar bruscos cambios de brillos en el campo de visión.

- Relación entorno.

$$SR = \frac{E_{MED\_BANDAS\_LIMÍTROFES}}{E_{MED\_BANDA\_CALZADA}} \quad (2.6.4.13)$$

En donde:

SR = Relación entorno.

$E_{MED\_BANDAS\_LIMÍTROFES}$  = Iluminancia en las bandas inmediatas a la calzada (lx).

$E_{MED\_BANDA\_CALZADA}$  = Iluminancia en las bandas de la calzada (lx).

- **La Distancia entre luminarias** la calcularemos a través la aplicación de cálculo DIALux 4.13, aunque para ayudar a la comprensión del programa, realizaremos un ejemplo de la Avenida Eduardo Pondal y, compararemos los valores obtenidos manualmente con los resultados finales del DIALux 4.13.

- Distancia entre luminarias.

$$d = \frac{\Phi_{LÁMPARAS} * \eta * F_M}{A * E_M} \quad (2.6.4.14)$$

En donde:

$d$  = Distancia entre luminarias (m).

$\Phi_{LÁMPARAS}$  = Flujo luminoso de las lámparas (lm).

$\eta$  = Factor de utilización de las luminarias.

$F_M$  = Factor de mantenimiento.

$A$  = Ancho de la calzada (m).

$E_M$  = Iluminancia media horizontal deseada (lx).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$\Phi_{\text{LÁMPARAS}} = 11.000 \text{ lm}$ .

$\eta = 0,35$ .

$F_M = 0,67$ .

$A = 9 \text{ m}$ .

$E_M = 25 \text{ lx}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$d = 11,46 \text{ m}$ .

Según lo indicado en el DIALux 4.13 para la distancia entre luminarias, se obtiene el valor de 12 m, por lo tanto, el resultado es válido.

- **El Flujo luminoso total** de las luminarias en el área de cálculo comprendida entre dos báculos situados en la misma zona longitudinal de la acera.
- Flujo luminoso total.

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = \frac{E_M * S}{\eta * F_M} \quad (2.6.4.15)$$

En donde:

$\Phi_{\text{TOTAL}}$  = Flujo luminoso total (lm).

$E_M$  = Iluminancia media horizontal deseada (lx).

$S$  = Superficie de cálculo entre dos luminarias situadas en la misma acera (m<sup>2</sup>).

$\eta$  = Factor de utilización de las luminarias.

$F_M$  = Factor de mantenimiento.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$E_M = 25 \text{ lx}$ .

$S = (20 * 12) \text{ m}^2$ .

$$\eta = 0,35.$$

$$F_M = 0,67.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$\phi_{TOTAL} = 25.586,354 \text{ lm.}$$

- **El Número de luminarias** instaladas en el área de cálculo comprendida entre dos lámparas situadas en la misma zona longitudinal de la acera.

- Número de luminarias.

$$N = \frac{\phi_{TOTAL}}{n * \phi_{LÁMPARAS}} \quad (2.6.4.16)$$

En donde:

N = Número de luminarias en el área de cálculo.

$\phi_{TOTAL}$  = Flujo luminoso total (lm).

n = Número de lámparas por luminaria.

$\phi_{LÁMPARAS}$  = Flujo luminoso de las lámparas (lm).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$\phi_{TOTAL} = 25.586,354 \text{ lm.}$$

$$n = 1.$$

$$\phi_{LÁMPARAS} = 11.000 \text{ lm.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$N = 2,32. \quad \longrightarrow \quad N = 3.$$

Según lo indicado en el DIALux 4.13 para el número de luminarias en el área de cálculo, se obtiene el valor de 3, por lo tanto, el resultado es válido.

- **La Iluminancia media horizontal** la calcularemos a través la aplicación de cálculo DIALux 4.13, aunque para ayudar a la comprensión del programa, realizaremos un ejemplo de la Avenida Eduardo Pondal y, compararemos los valores obtenidos manualmente con los resultados finales del DIALux 4.13.

- Iluminancia media horizontal.

$$E_M = \frac{N * \phi_{LÁMPARAS} * \eta * F_M}{S} \quad (2.6.4.17)$$

En donde:

$E_M$  = Iluminancia media horizontal (lx).

$N$  = Número de luminarias en el área de cálculo.

$\Phi_{LÁMPARAS}$  = Flujo luminoso de las lámparas (lm).

$\eta$  = Factor de utilización de las luminarias.

$F_M$  = Factor de mantenimiento.

$S$  = Superficie de cálculo entre dos luminarias situadas en la misma acera ( $m^2$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$N = 3$ .

$\Phi_{LÁMPARAS} = 11.000 \text{ lm}$ .

$\eta = 0,35$ .

$F_M = 0,67$ .

$S = (20 * 12) m^2$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$E_M = 32,24 \text{ lx}$ .

Según lo indicado en el DIALux 4.13 para la iluminancia media horizontal, se obtienen los valores de 28, 30 y 31 lx, por lo tanto, el resultado es válido.

- **La Potencia Aparente del alumbrado público** de acuerdo con el número de luminarias calculadas por el DIALux 4.13.

- Potencia Aparente.

$$S = \frac{P}{\cos(\phi)} \quad (2.6.4.18)$$

En donde:

$S$  = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (kVA).

$P$  = Potencia activa de suministro del alumbrado público (kW).

$\cos \phi$  = Factor de potencia de los receptores en la línea de alimentación.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P = 0,715 \text{ kW}$ .

$\cos(\phi) = 0,96$ .



- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 0,745 \text{ kVA.}$$

- **La Intensidad trifásica** calculada en función de la previsión de cargas del alumbrado público.
- Intensidad.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L * n} \quad (2.6.4.19)$$

En donde:

I = Intensidad nominal de carga (A).

S = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

n = Número de tramos de la línea de distribución.

- **La Intensidad monofásica** calculada en función de la previsión de cargas del alumbrado público.
- Intensidad.

$$I = \frac{S}{V_F * n} \quad (2.6.4.20)$$

En donde:

I = Intensidad nominal de carga (A).

S = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (VA).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

n = Número de tramos de la línea de distribución.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$S = 0,745 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$n = 1.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

- **La Intensidad de cálculo** será la intensidad calculada en el paso anterior cuando se aproxima superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección normalizados.

$$I_{\text{CÁLCULO}} = 6 \text{ A.}$$

- Factor de corrección para temperatura del terreno de 35 °C y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de 90 °C según la tabla 6 de la ITC-BT-07.

$$K_1 = 0,92.$$

- Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno 1,20 K\*m/W por ser un conductor unipolar en una de las situaciones más desfavorable que se pudiera presentar, como indica la tabla 7 de la ITC-BT-07.

$$K_2 = 0,93.$$

- Factor de corrección por la distancia de 200 mm entre 3 ternos de la zanja para cables no directamente enterrados (bajo tubo), según la tabla 8 de la ITC-BT-07.

$$K_3 = 0,79.$$

- Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables enterrados a 0,80 m según la tabla 9 de la ITC-BT-07.

$$K_4 = 0,99.$$

- Factor de corrección para una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo según el apartado 3.1.3 de la ITC-BT-07.

$$K_5 = 0,80.$$

- **Factor de corrección total** según la instalación elegida.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.6.4.21)$$

En donde:

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

$K_1$  = Factor de corrección por la temperatura del terreno.

$K_2$  = Factor de corrección por la resistividad térmica del terreno.

$K_3$  = Factor de corrección por la distancia entre ternos.

$K_4$  = Factor de corrección por la profundidad de los cables.

$K_5$  = Factor de corrección por cables unipolares en el interior de un mismo tubo.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_1 = 0,92.$$

$$K_2 = 0,93.$$

$$K_3 = 0,79.$$

$$K_4 = 0,99.$$

$$K_5 = 0,80.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,535.$$

- **La Intensidad tabla** es la intensidad máxima admisible del conductor en función del tipo de instalación elegida y, posee una relación directa con los valores indicados en la tabla 5 de la ITC-BT-07 para servicio trifásico y monofásico.
- Intensidad tabla.

$$I_{\text{TABLA}} = \frac{I}{K_{\text{REDUCTOR}}} \quad (2.6.4.22)$$

En donde:

$I_{\text{TABLA}}$  = Intensidad máxima admisible del conductor según la instalación elegida (A).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,535.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{\text{TABLA}} = 6,029 \text{ A.}$$

- **La Sección tabla** es la sección mínima que corresponde con un valor superior a la intensidad tabla según indica la tabla 5 de la ITC-BT-07 para una terna de cables unipolares con aislamiento XLPE.

$$S_{\text{TABLA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección mínima** es la sección mínima que corresponde con el apartado 5.2.1 de la ITC-BT-09 para cables de redes subterráneas trifásicas y monofásicas, además, habrá que tener en cuenta que la sección de la red trifásica será como mínimo una escala

superior normalizada a la calculada para la red monofásica, a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación.

$$S_{\text{MÍNIMA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección que prevalece**, entre la sección tabla y sección mínima, será la que posea una superficie mayor de los dos valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{TABLA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión máxima** será de 1,50 %, dividiéndola entre el 1,40 % para la línea de distribución trifásica del alumbrado público y, 0,10 % para el conductor que alimenta el cuadro principal desde el secundario del transformador.

Se decide hacer este reparto de caída de tensión por que la longitud de los conductores del cuadro principal tendrá un valor tan pequeño respecto al conjunto de la línea eléctrica, ya que los equipos eléctricos están muy próximos (separados por un tabique), en cada edificio prefabricado que alberga los 8 CT.

La caída de tensión máxima será de 1,50 % para la línea de distribución monofásica del alumbrado público desde el CPM hasta las luminarias.

- Caída de tensión máxima trifásica.

$$E = \frac{CDT_{\text{MÁXIMA}} * V_L}{100} \quad (2.6.4.23)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$CDT_{\text{MÁXIMA}}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$CDT_{\text{MÁXIMA}} = 1,40 \text{ \%}.$$

$$V_L = 400 \text{ V}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 5,6 \text{ V}.$$

- Caída de tensión máxima monofásica.

$$E = \frac{CDT_{\text{MÁXIMA}} * V_F}{100} \quad (2.6.4.24)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$CDT_{MÁXIMA}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$CDT_{MÁXIMA} = 1,50 \%$ .

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$E = 3,464 \text{ V}$ .

- **La Potencia aparente de cálculo** será la potencia aparente utilizada para calcular la sección mínima del conductor.

- Potencia aparente de cálculo trifásica.

$$P_{CÁLCULO} = \sqrt{3} * V_L * I_{CÁLCULO} \quad (2.6.4.25)$$

En donde:

$P_{CÁLCULO}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{CÁLCULO}$  = Intensidad del magnetotérmico normalizado (A).

- Potencia aparente de cálculo monofásica.

$$P_{CÁLCULO} = V_F * I_{CÁLCULO} \quad (2.6.4.26)$$

En donde:

$P_{CÁLCULO}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{CÁLCULO}$  = Intensidad del magnetotérmico normalizado (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

$I_{CÁLCULO} = 6 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA.}$$

- **La Sección de cálculo** será la sección mínima por utilizar en la línea de distribución, condicionada por el valor máximo de caída de tensión indicado en el apartado anterior.
- Sección de cálculo trifásica.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_L} \quad (2.6.4.27)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo ( $\text{mm}^2$ ).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Sección de cálculo monofásica.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{2 * P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_F} \quad (2.6.4.28)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo ( $\text{mm}^2$ ).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$L = 366,76 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2.$$

$$E = 3,464 \text{ V.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = 22,687 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección real** es la que prevalece entre la sección tabla, sección mínima y sección de cálculo al poseer una superficie mayor de los tres valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{REAL}} = 25 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real trifásica.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_L} \quad (2.6.4.27)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Caída de tensión real monofásica.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{2 * P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_F} \quad (2.6.4.28)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$L = 366,76 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2.$$

$$S_{\text{REAL}} = 25 \text{ mm}^2.$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E_{\text{REAL}} = 3,144 \text{ V.}$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real trifásica.

$$CDT_{\text{REAL}} = \frac{E_{\text{REAL}} * 100}{V_L} \quad (2.6.4.23)$$

En donde:

$CDT_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Caída de tensión real monofásica.

$$CDT_{\text{REAL}} = \frac{E_{\text{REAL}} * 100}{V_F} \quad (2.6.4.24)$$

En donde:

$CDT_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$E_{\text{REAL}} = 3,144 \text{ V.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.



$$CDT_{REAL} = 1,361 \%$$

- **El Diámetro de los tubos** hasta la CPM estará diseñado de acuerdo con la tabla 1 de la ITC-BT-14 y la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21. Por lo tanto, para la instalación interior con una sección de 2 conductores, fase y neutro, unipolares XLPE con 25 mm<sup>2</sup> y, conductor de protección con 16 mm<sup>2</sup>, le corresponde un tubo de 90 mm.

En el caso de existir contradicción entre las normas, se elegiría el valor más restrictivo, diámetro mayor.

$$\varnothing = 90 \text{ mm.}$$

- A pesar de no incluir la Intensidad de cortocircuito de los elementos de protección en las tablas de resultados finales, se realizará un ejemplo del método de cálculo necesario para la obtención del mencionado valor.
- **La Resistencia del conductor** será la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.
- Resistencia del conductor.

$$R_{LA\_3.4.3} = \frac{L_{240}}{K * n_{240} * S_{REAL\_240}} + \frac{L_{35}}{K * n_{35} * S_{REAL\_35}} + \frac{L_{25}}{K * n_{25} * S_{REAL\_25}} \quad (2.6.4.29)$$

En donde:

$R_{LA\_3.4.3}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

$L_{240}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3 (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre (m/ $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>).

$n_{240}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.

$S_{REAL\_240}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3 (mm<sup>2</sup>).

$L_{35}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.4 (m).

$n_{35}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.4.

$S_{REAL\_35}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.4 (mm<sup>2</sup>).

$L_{25}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.4.3 (m).

$n_{25}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.4.3.

$S_{REAL\_25}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.4.3 (mm<sup>2</sup>).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$L_{240} = 6 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2.$$

$$n_{240} = 2.$$

$$S_{\text{REAL}_240} = 240 \text{ mm}^2.$$

$$L_{35} = 14,97 \text{ m.}$$

$$n_{35} = 1.$$

$$S_{\text{REAL}_35} = 35 \text{ mm}^2.$$

$$L_{25} = 366,76 \text{ m.}$$

$$n_{25} = 1.$$

$$S_{\text{REAL}_25} = 25 \text{ mm}^2.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$R_{\text{LA}_3.4.3} = 0,2698 \Omega.$$

- **La Intensidad de cortocircuito** mínima como poder de corte del interruptor magnetotérmico usado para ser el elemento de protección de la línea de distribución LA 3.4.3.

El método de cálculo coincide para el diseño del magnetotérmico tetrapolar, tan sólo se cambiaría la tensión de fase por la tensión de línea.

- Intensidad de cortocircuito mínima.

$$I_{\text{CC\_LA}_3.4.3} = \frac{0,8 * V_F}{R_{\text{LA}_3.4.3}} \quad (2.6.4.30)$$

En donde:

$I_{\text{CC\_LA}_3.4.3}$  = Intensidad de cortocircuito mínima de la línea de alimentación 3.4.3 (A).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$R_{\text{LA}_3.4.3}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$R_{\text{LA}_3.4.3} = 0,2698 \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{CC\_LA\_3.4.3} = 0,685 * 10^3 \text{ A.}$$

### 2.6.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjuntan los documentos utilizados para el diseño de la Red de Distribución en Alumbrado Público.

El **primer documento** son los resultados luminotécnicos obtenidos con la aplicación de software DIALux 4.13. Estos valores se ajustan a los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro y, fijados por el PPAI del Ayuntamiento de Narón.

El **segundo archivo** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir resumir los resultados luminotécnicos más importantes. Estos datos se obtienen con la aplicación de software DIALux 4.13, que suponen los datos de partida de los cálculos eléctricos.

El **tercer documento** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de carga del Alumbrado Público.

La previsión de carga del alumbrado público permite calcular las características eléctricas de los conductores de alimentación de las 122 luminarias, situadas en el polígono industrial objeto del presente proyecto de ejecución.

**TFG 770G02A219**

**Instalaciones Eléctricas y de Alumbrado Público de un Polígono Industrial**

Contacto: Pablo Morgade Fernández  
N° de encargo: TFG 770G02A219  
Empresa: Electricidad Ártabra  
N° de cliente:

Fecha: 31.01.2020  
Proyecto elaborado por: Pablo Morgade Fernández



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Índice

### TFG 770G02A219

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
<b>PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO</b>	
Hoja de datos de luminarias	4
<b>BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO</b>	
CDL (Polar)	5
Diagrama de densidad lumínica	6
<b>Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1)</b>	
Datos de planificación	7
Lista de luminarias	8
Resultados luminotécnicos	9
Rendering (procesado) de colores falsos	12
<b>Recuadros de evaluación</b>	
<b>Recuadro de evaluación Camino peatonal 1</b>	
Sumario de los resultados	13
Isolíneas (E)	14
<b>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1</b>	
Sumario de los resultados	15
Isolíneas (E)	16
<b>Recuadro de evaluación Calzada 1</b>	
Sumario de los resultados	17
Isolíneas (E)	18
<b>Observador</b>	
<b>Observador 1</b>	
Isolíneas (L)	19
<b>Observador 2</b>	
Isolíneas (L)	20
<b>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2</b>	
Sumario de los resultados	21
Isolíneas (E)	22
<b>Recuadro de evaluación Camino peatonal 2</b>	
Sumario de los resultados	23
Isolíneas (E)	24
<b>Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1)</b>	
Datos de planificación	25
Lista de luminarias	26
Resultados luminotécnicos	27
Rendering (procesado) de colores falsos	29
<b>Recuadros de evaluación</b>	
<b>Recuadro de evaluación Camino peatonal 1</b>	
Sumario de los resultados	30
Isolíneas (E)	31
<b>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1</b>	
Sumario de los resultados	32
Isolíneas (E)	33
<b>Recuadro de evaluación Calzada 1</b>	
Sumario de los resultados	34
Isolíneas (E)	35
<b>Observador</b>	
<b>Observador 1</b>	
Isolíneas (L)	36



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

**TFG 770G02A219 / Lista de luminarias**

40 Pieza **PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO**

Nº de artículo:

**Flujo luminoso (Luminaria): 9974 lm**

**Flujo luminoso (Lámparas): 11000 lm**

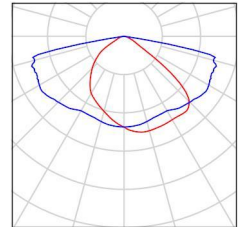
**Potencia de las luminarias: 65.0 W**

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 38 73 96 100 91

Lámpara: 1 x LED110-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



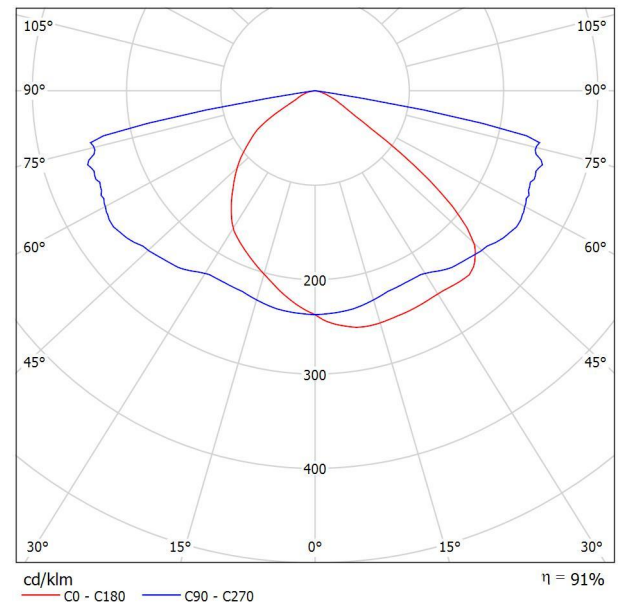
Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO / **Hoja de datos de luminarias**

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 38 73 96 100 91

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



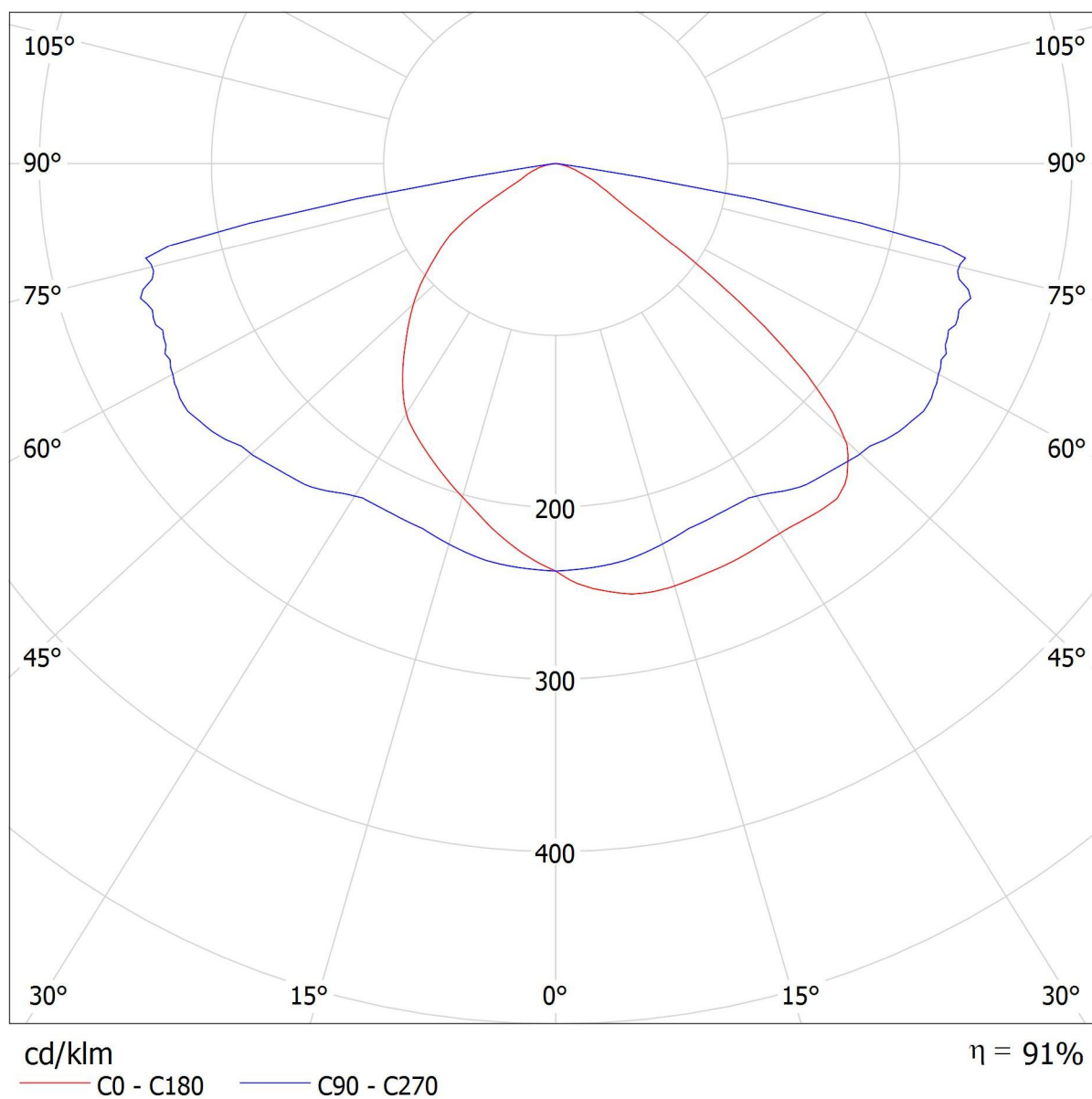
Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO / **CDL (Polar)**

Luminaria: PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO

Lámparas: 1 x LED110-4S/740



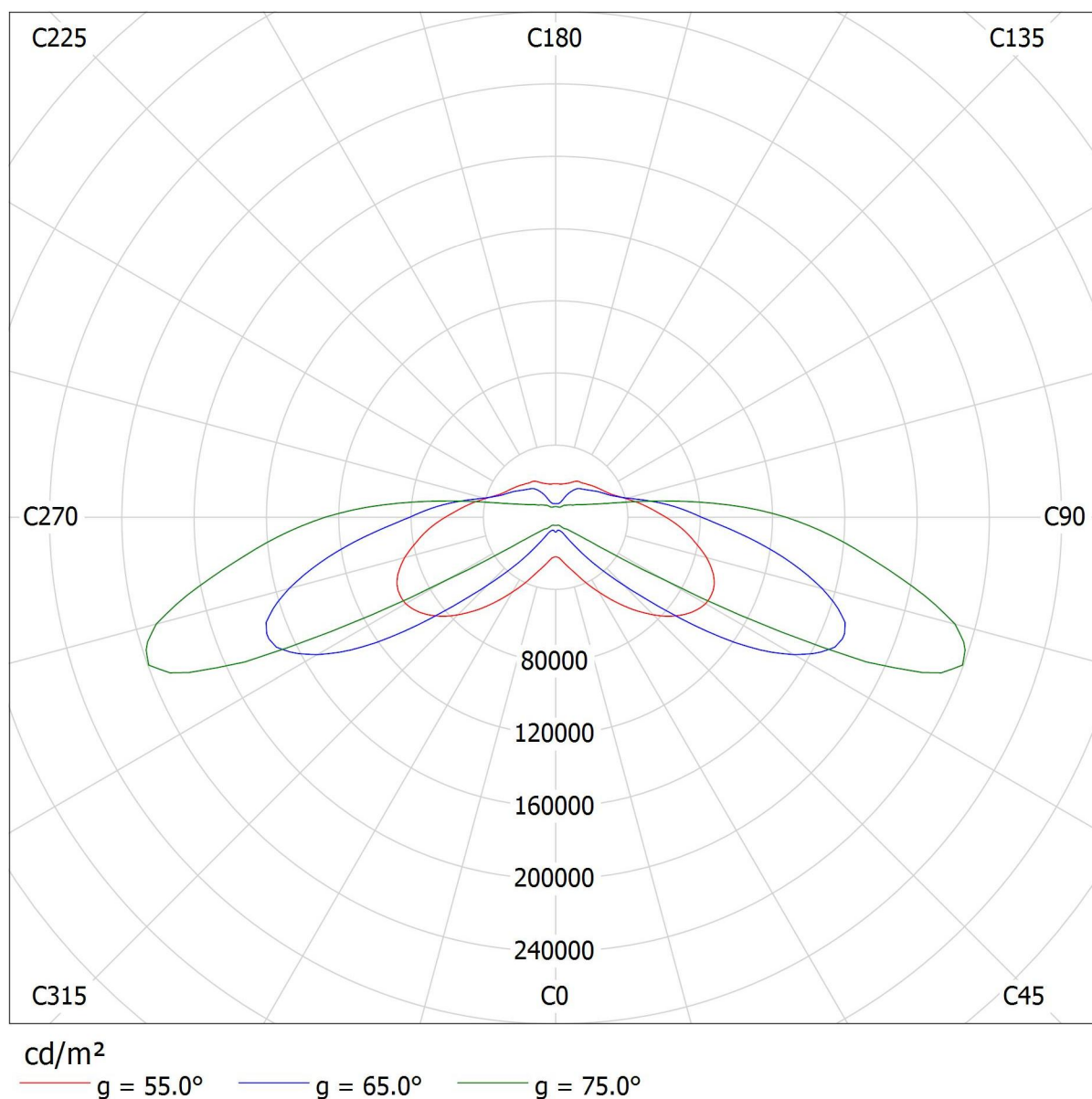


Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO  
Lámparas: 1 x LED110-4S/740



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

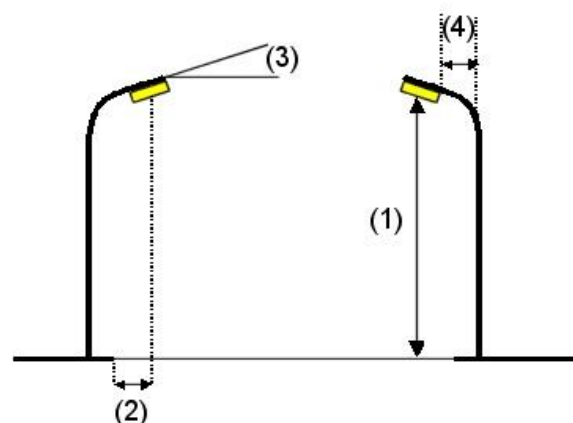
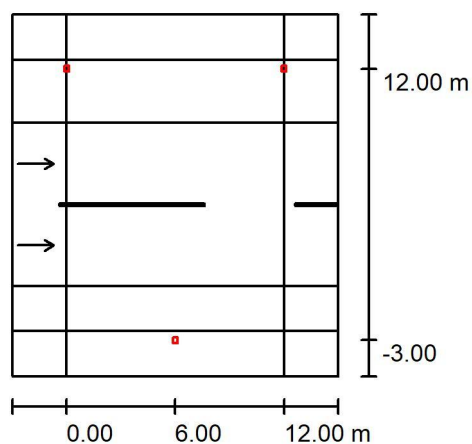
## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Datos de planificación

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 2.500 m)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 3.500 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 2.500 m)

Factor mantenimiento: 0.67

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO
Flujo luminoso (Luminaria):	9974 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	11000 lm
Potencia de las luminarias:	65.0 W
Organización:	bilateral desplazado
Distancia entre mástiles:	12.000 m
Altura de montaje (1):	9.000 m
Altura del punto de luz:	8.880 m
Saliente sobre la calzada (2):	-3.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°:	576 cd/klm
con 80°:	158 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Lista de luminarias

**PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO**

Nº de artículo:

**Flujo luminoso (Luminaria): 9974 lm**

**Flujo luminoso (Lámparas): 11000 lm**

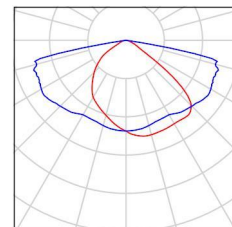
**Potencia de las luminarias: 65.0 W**

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 38 73 96 100 91

Lámpara: 1 x LED110-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

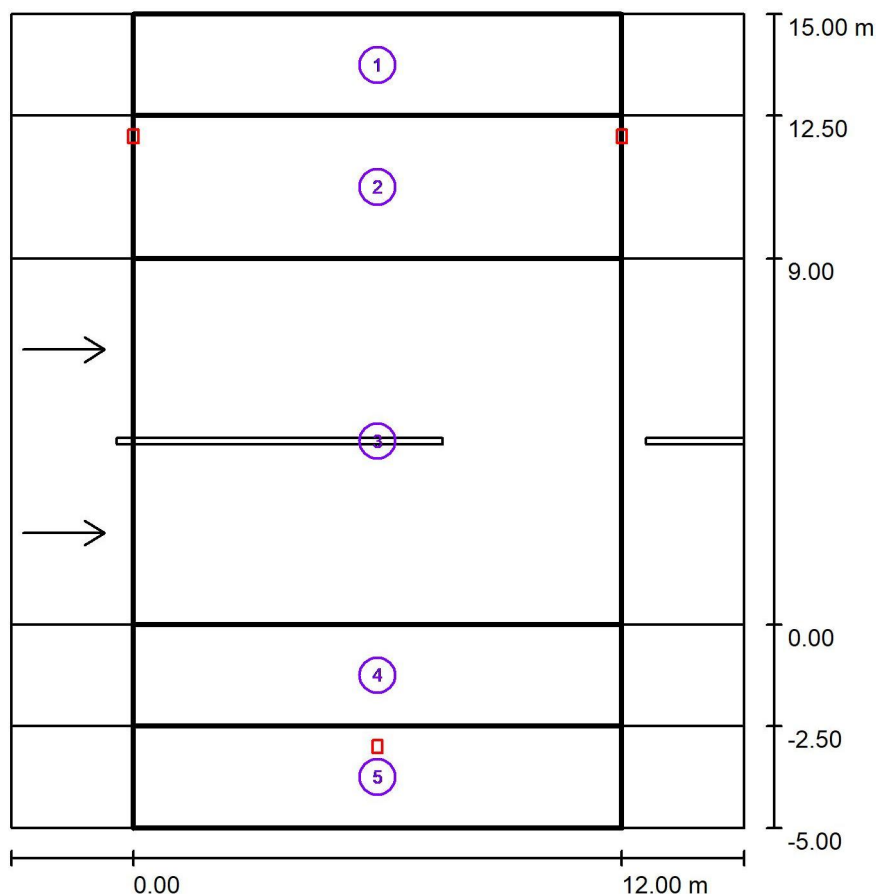
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

### Lista del recuadro de evaluación

#### 1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$E_m$ [lx]	U0
28.13	0.89
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Resultados luminotécnicos

### Lista del recuadro de evaluación

#### 2 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 3.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

$E_m$  [lx]

30.51

U0

0.92

Valores de consigna según clase:

$\geq 7.50$

$\geq 0.40$

Cumplido/No cumplido:



#### 3 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 9.000 m

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]

1.06

U0

0.89

UI

0.92

TI [%]

1

SR

1.07

Valores de consigna según clase:

$\geq 1.00$

$\geq 0.40$

$\geq 0.70$

$\leq 14$

$\geq 0.50$

Cumplido/No cumplido:



#### 4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2

Longitud: 12.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

$E_m$  [lx]

30.48

U0

0.93

Valores de consigna según clase:

$\geq 7.50$

$\geq 0.40$

Cumplido/No cumplido:





Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Resultados luminotécnicos

### Lista del recuadro de evaluación

#### 5 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 12.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

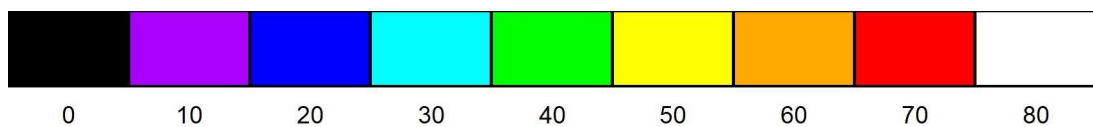
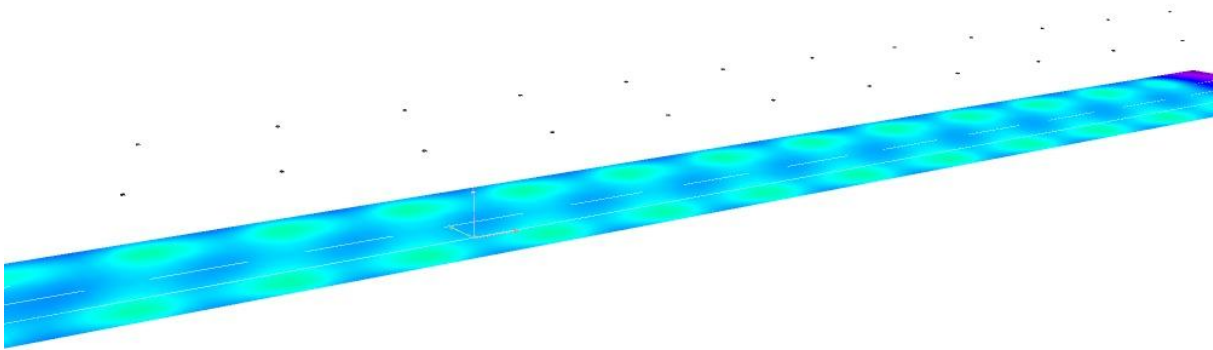
$E_m$ [lx]	U0
29.65	0.89
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / **Rendering (procesado) de colores falsos**

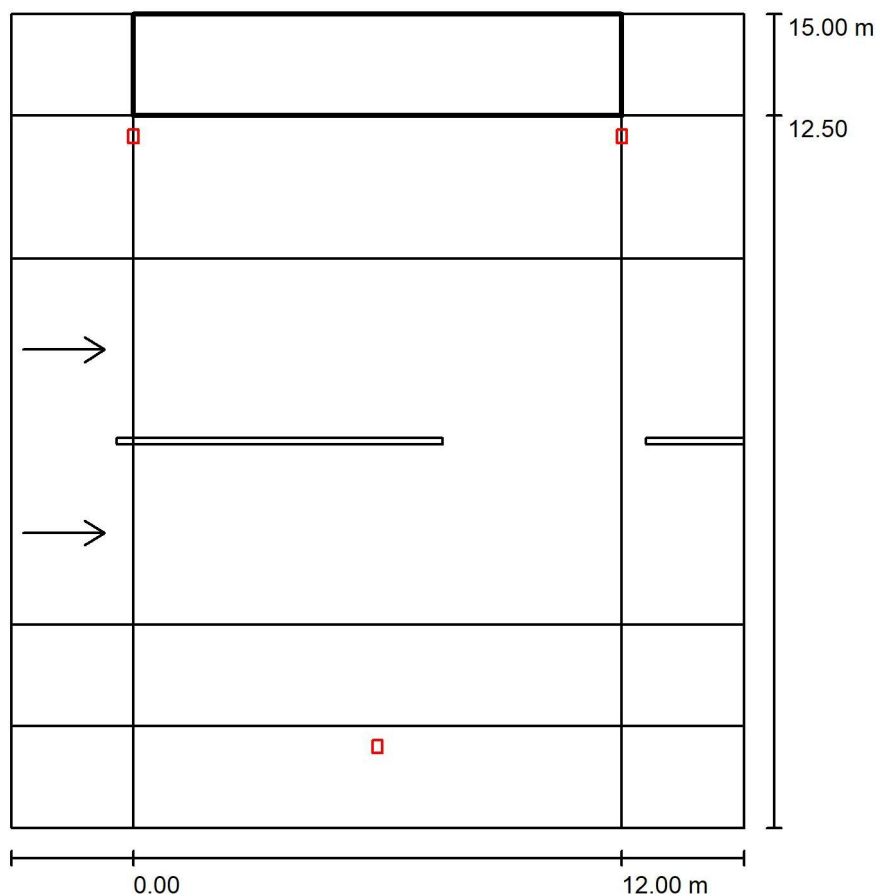




Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$E_m$ [lx]	U0
28.13	0.89
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓

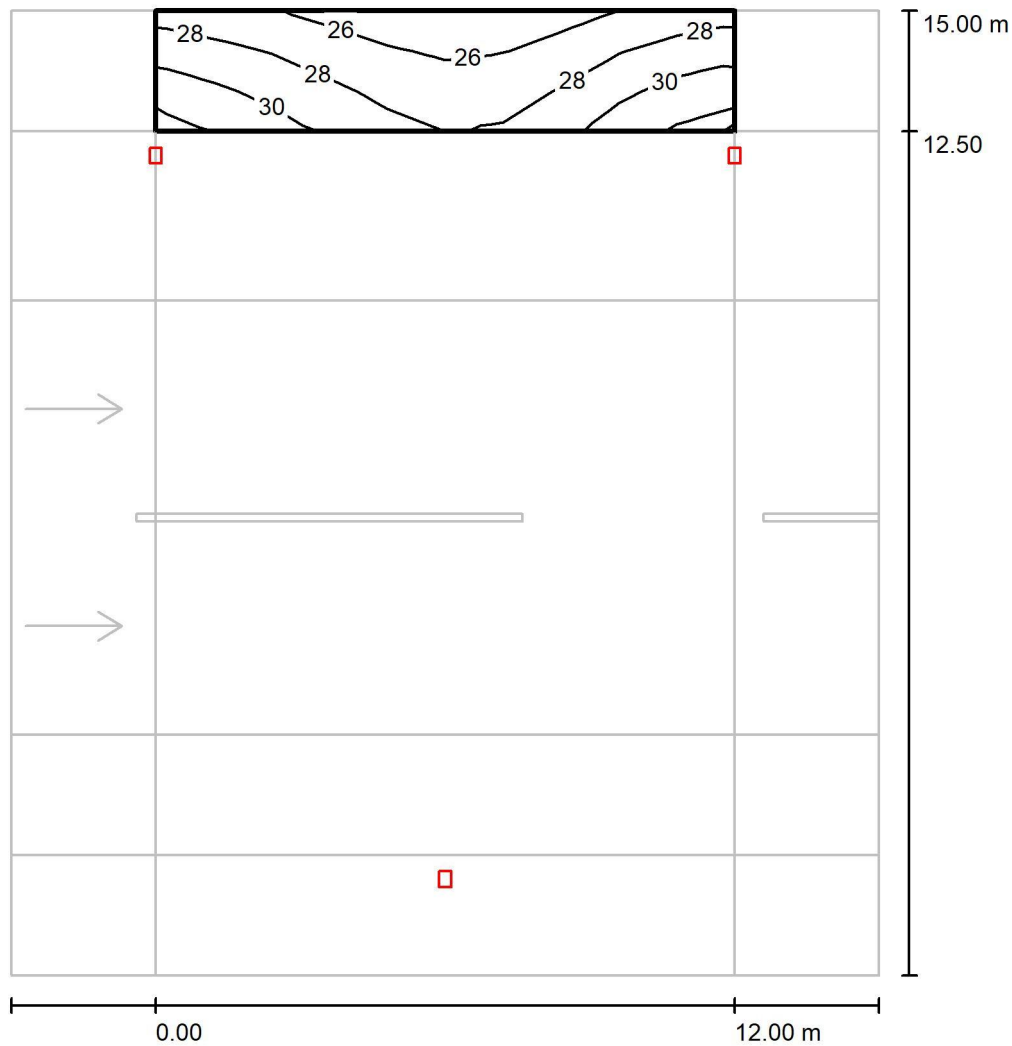




Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 3 Puntos

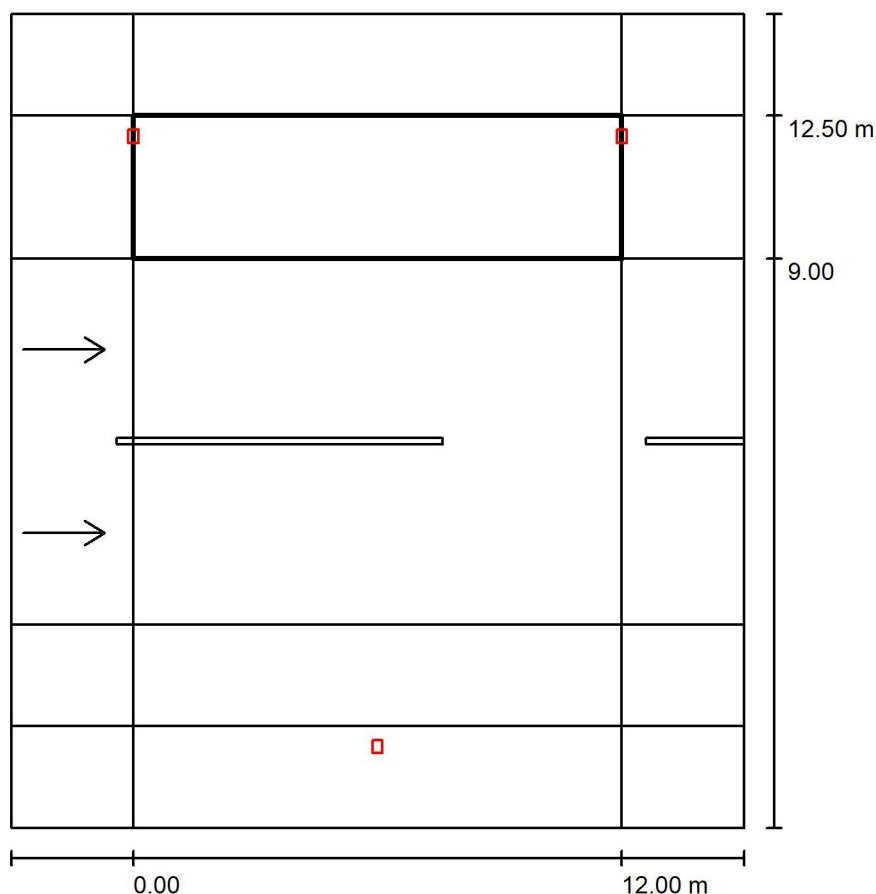
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
28	25	32	0.888	0.784



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

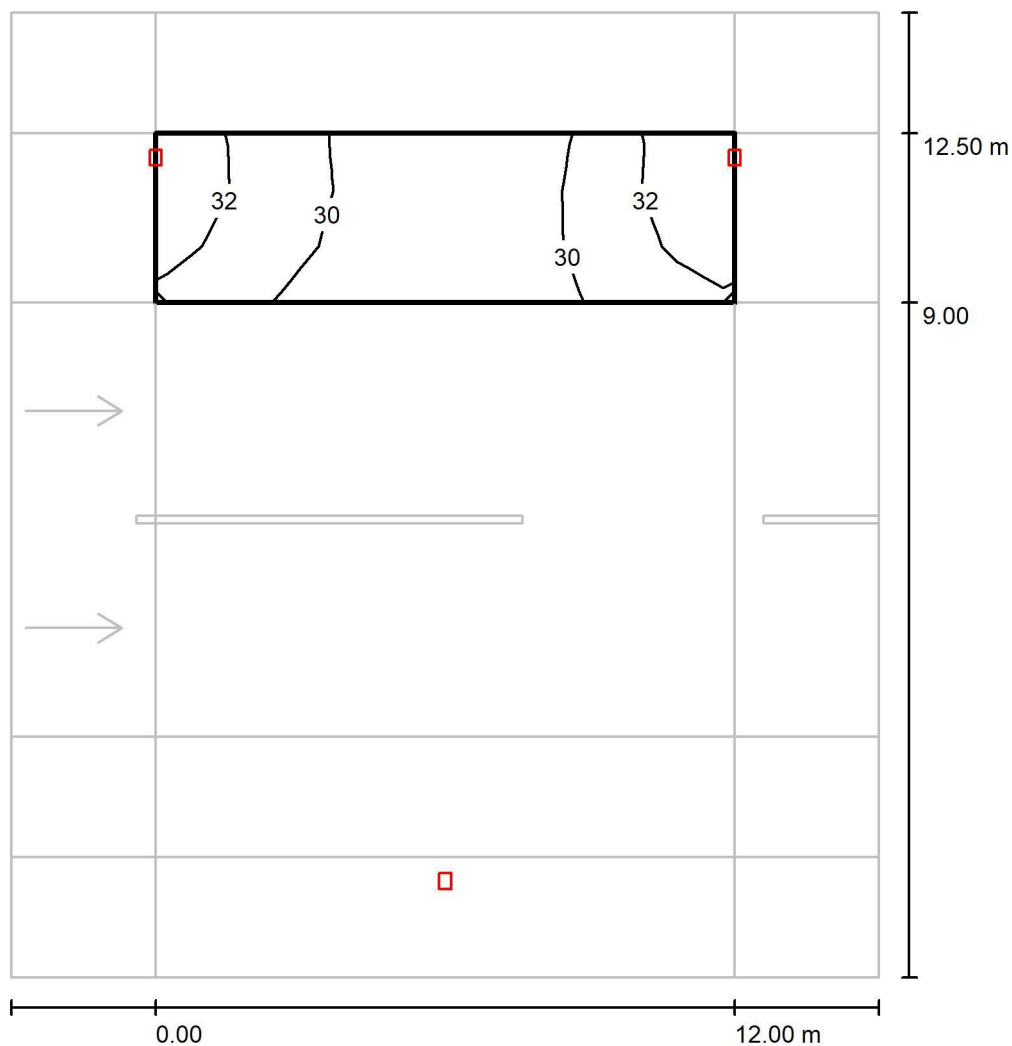
$E_m$ [lx]	U0
30.51	0.92
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 3 Puntos

$E_m$  [lx]  
31

$E_{min}$  [lx]  
28

$E_{max}$  [lx]  
33

$E_{min} / E_m$   
0.920

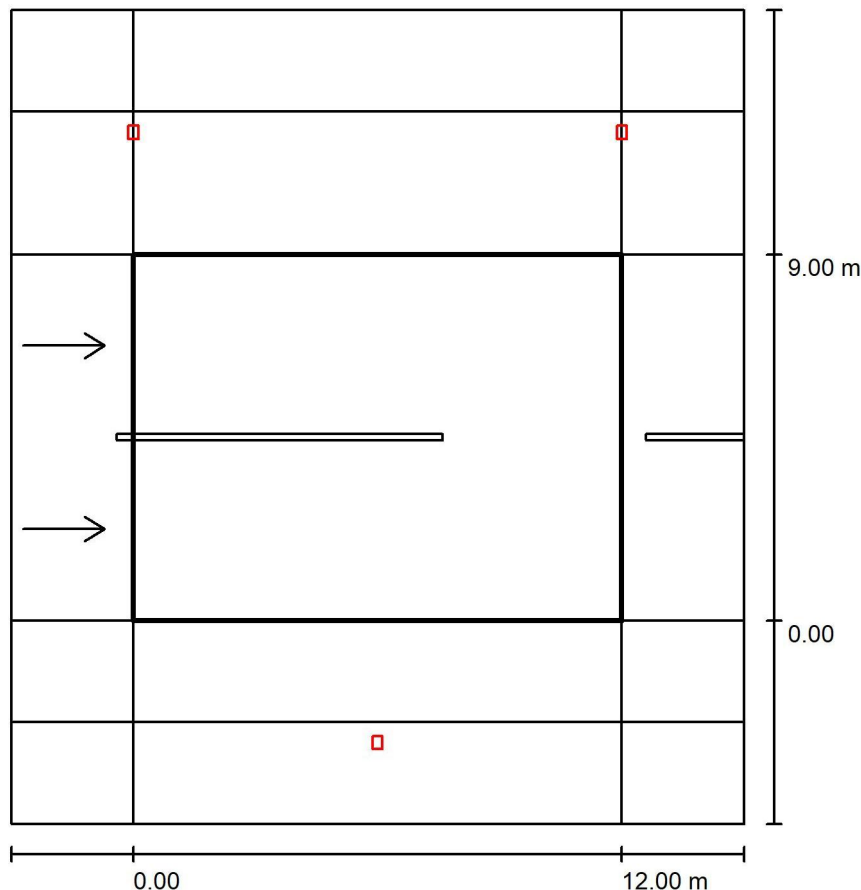
$E_{min} / E_{max}$   
0.848



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
1.06	0.89	0.92	1	1.07
≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 14	≥ 0.50
✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2 Pieza):

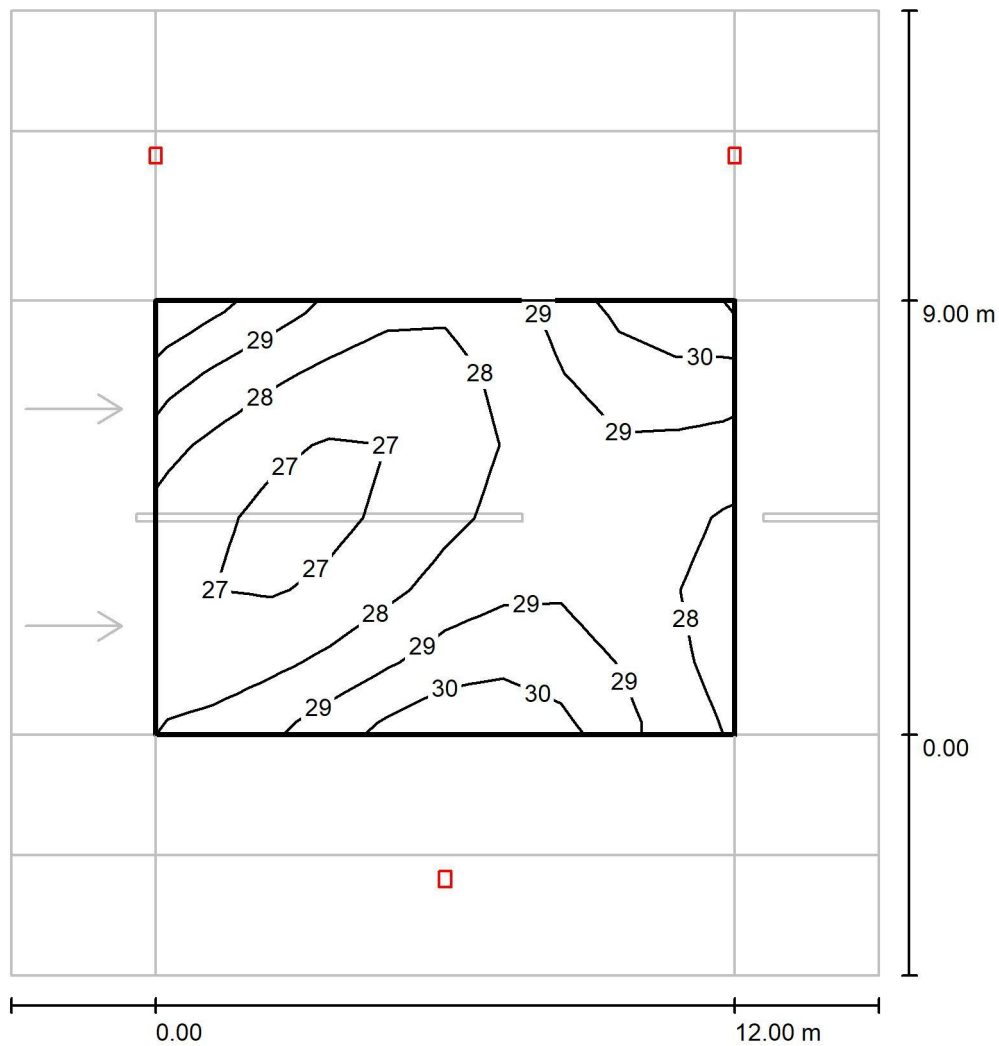
N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 2.250, 1.500)	1.07	0.89	0.95	1
2	Observador 2	(-60.000, 6.750, 1.500)	1.06	0.89	0.92	1



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 6 Puntos

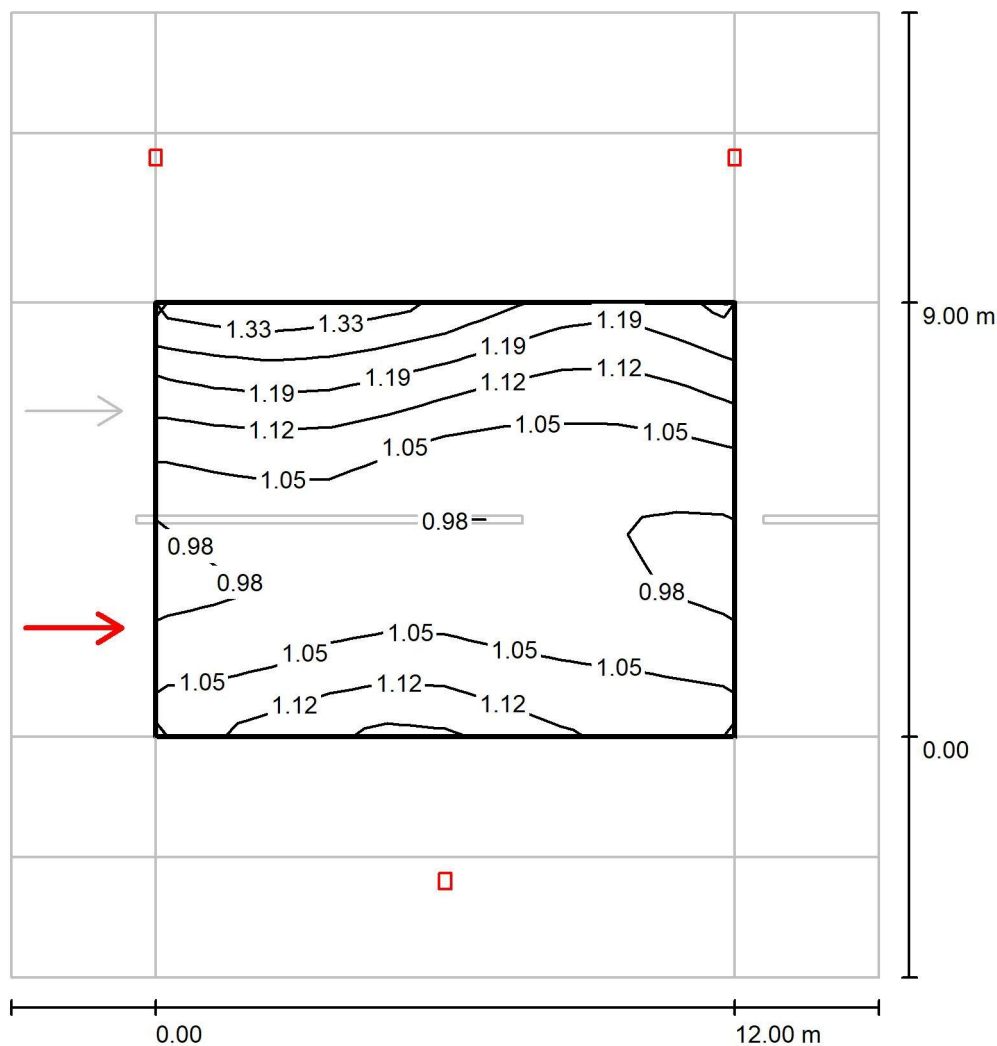
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
28	27	30	0.941	0.876



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

**Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 6 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 2.250 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

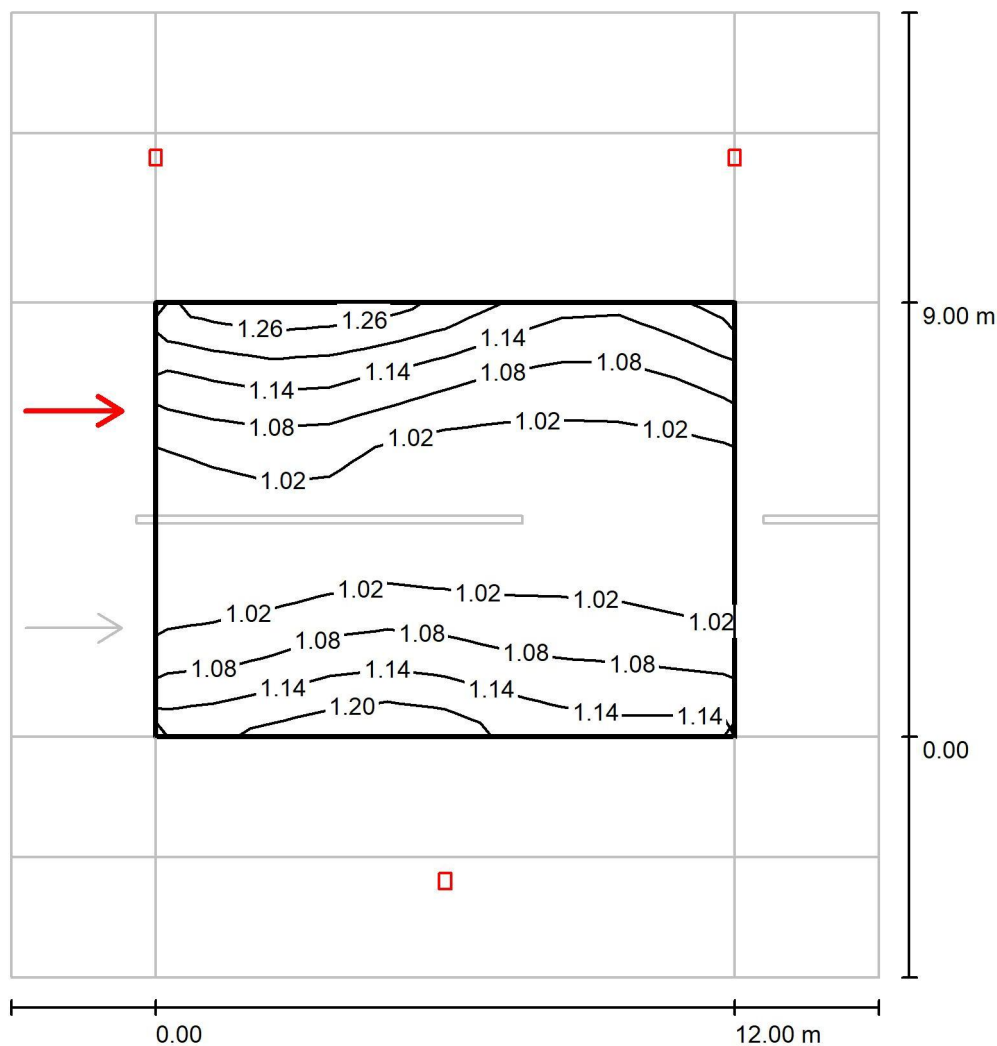
	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	Tl [%]
Valores reales según cálculo:	1.07	0.89	0.95	1
Valores de consigna según clase ME4b:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 14
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

**Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m², Escala 1 : 157

Trama: 10 x 6 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 6.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

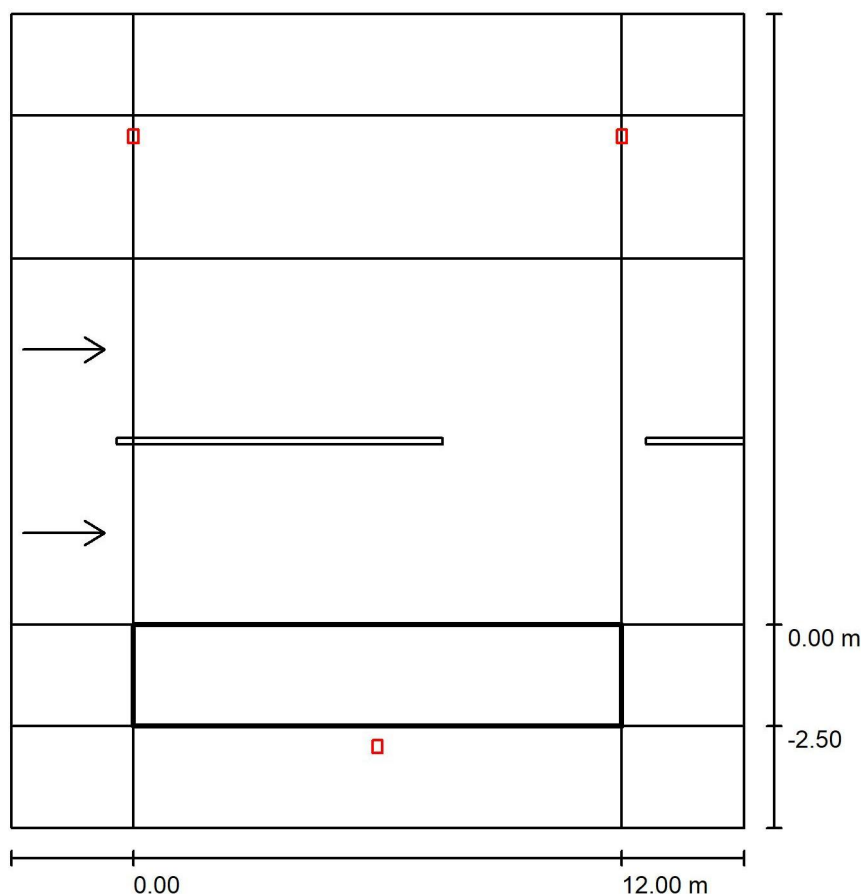
	$L_m$ [cd/m²]	U0	UI	Tl [%]
Valores reales según cálculo:	1.06	0.89	0.92	1
Valores de consigna según clase ME4b:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 14
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

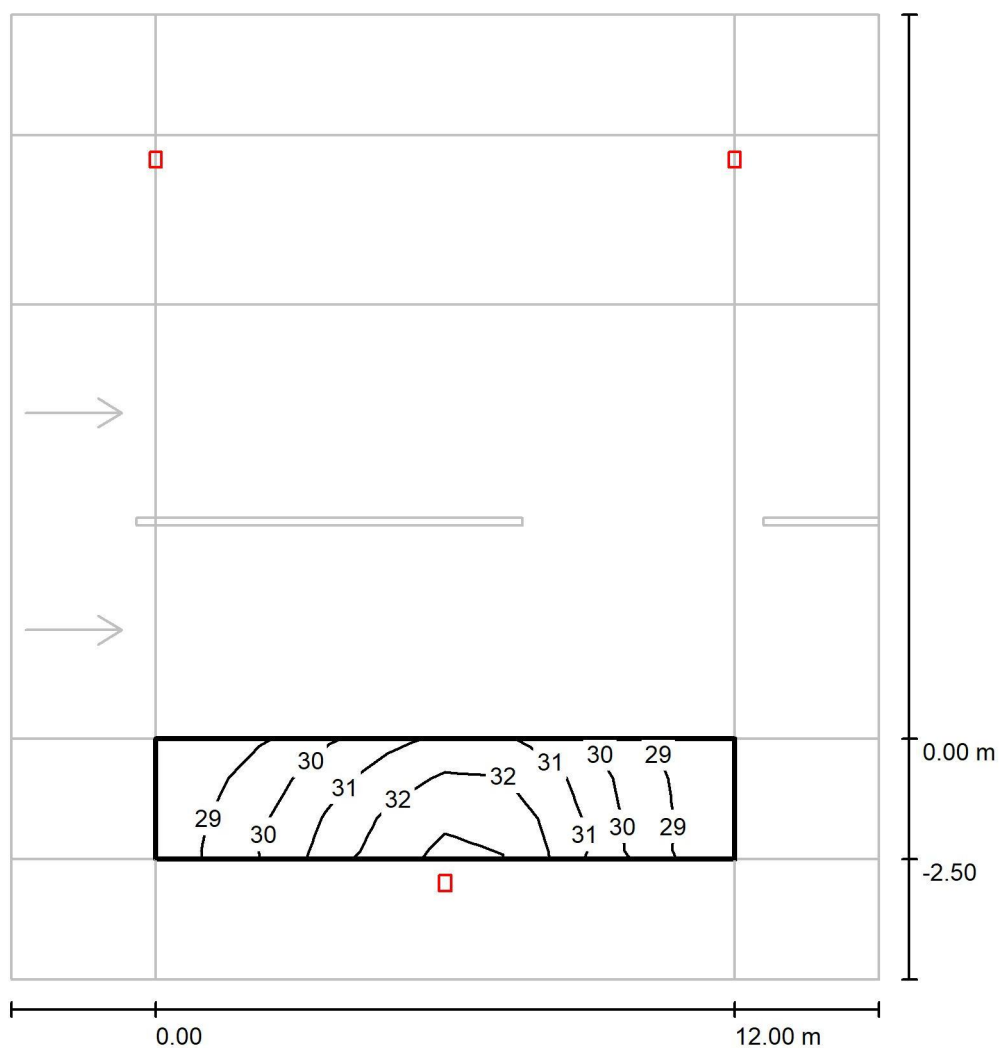
$E_m$ [lx]	U0
30.48	0.93
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 3 Puntos

$E_m$  [lx]  
30

$E_{min}$  [lx]  
28

$E_{max}$  [lx]  
33

$E_{min} / E_m$   
0.928

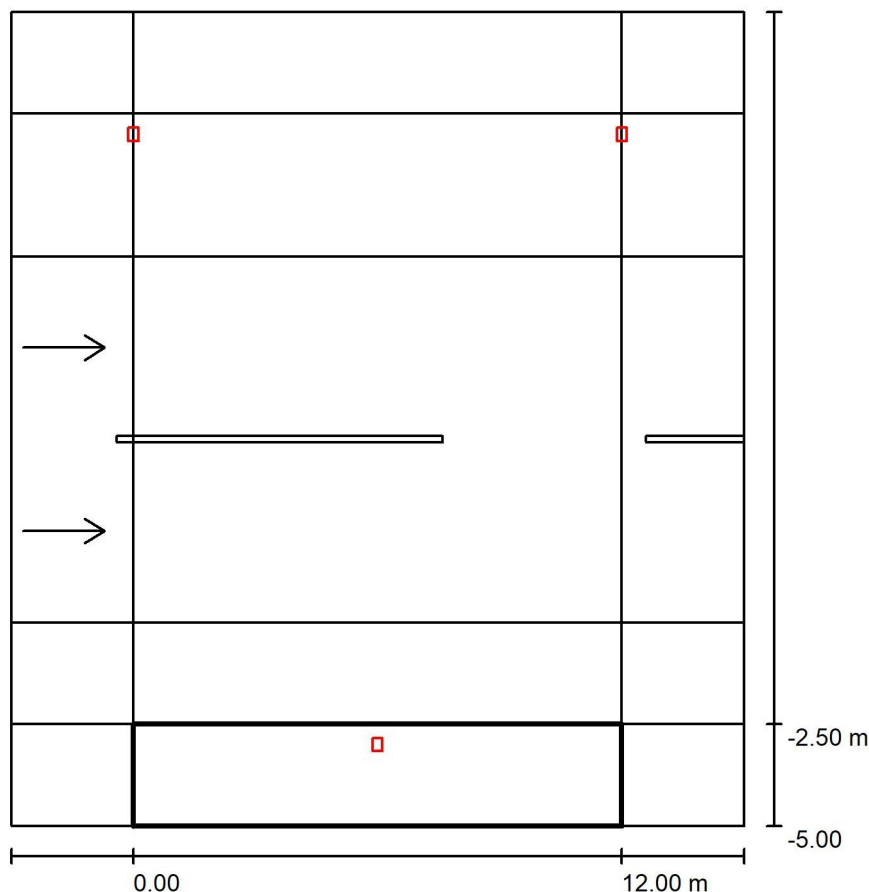
$E_{min} / E_{max}$   
0.852



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:186

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

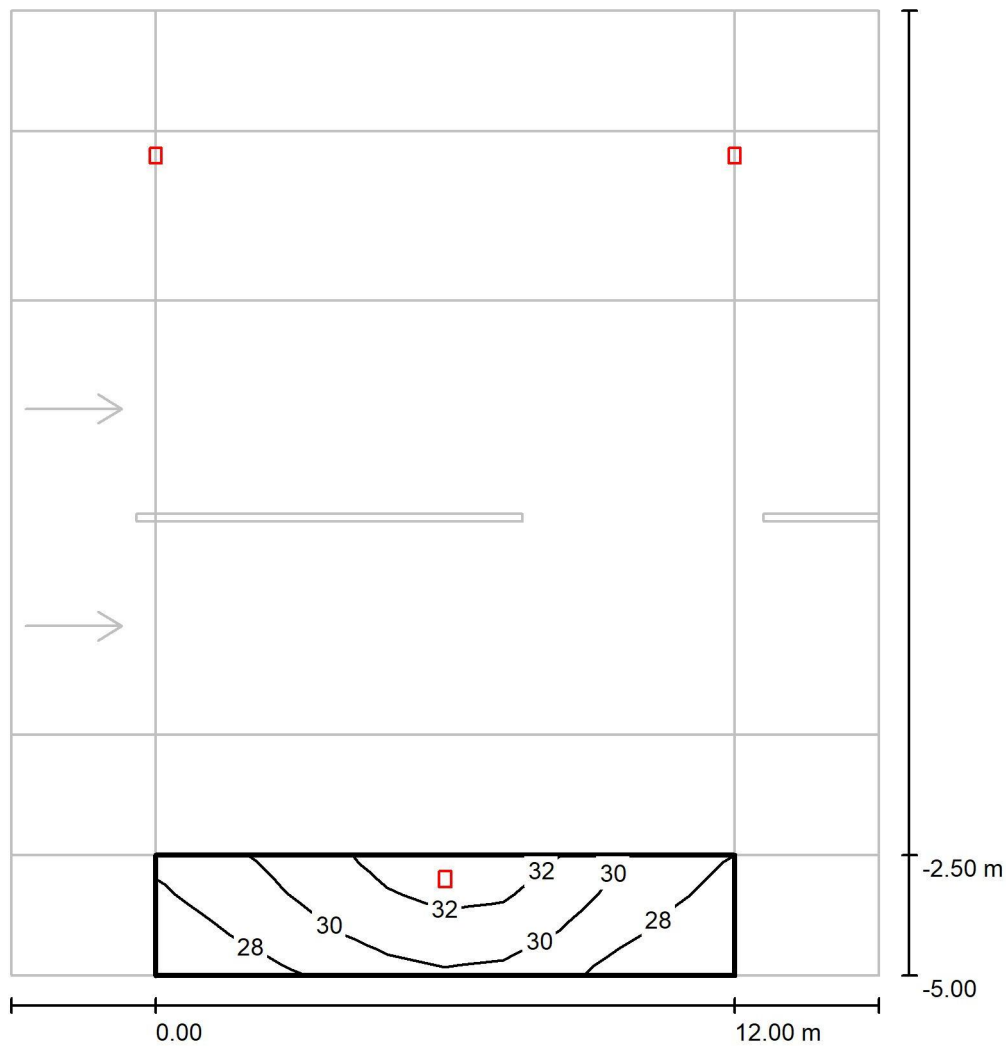
$E_m$ [lx]	U0
29.65	0.89
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 1 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 157

Trama: 10 x 3 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
30	26	33	0.893	0.802

Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

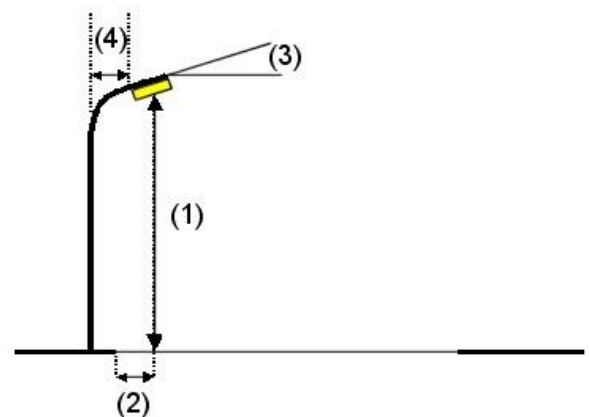
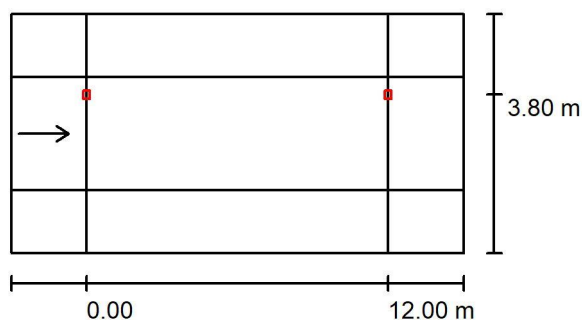
## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Datos de planificación

### Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 2.500 m)
Calzada 1	(Anchura: 4.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)

Factor mantenimiento: 0.67

### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO
Flujo luminoso (Luminaria):	9974 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	11000 lm
Potencia de las luminarias:	65.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	12.000 m
Altura de montaje (1):	9.000 m
Altura del punto de luz:	8.880 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.700 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
con 70°: 576 cd/klm  
con 80°: 158 cd/klm  
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Lista de luminarias

**PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO**

Nº de artículo:

**Flujo luminoso (Luminaria): 9974 lm**

**Flujo luminoso (Lámparas): 11000 lm**

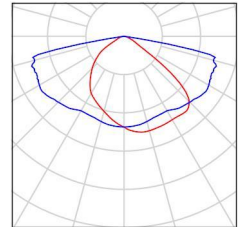
**Potencia de las luminarias: 65.0 W**

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 38 73 96 100 91

Lámpara: 1 x LED110-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

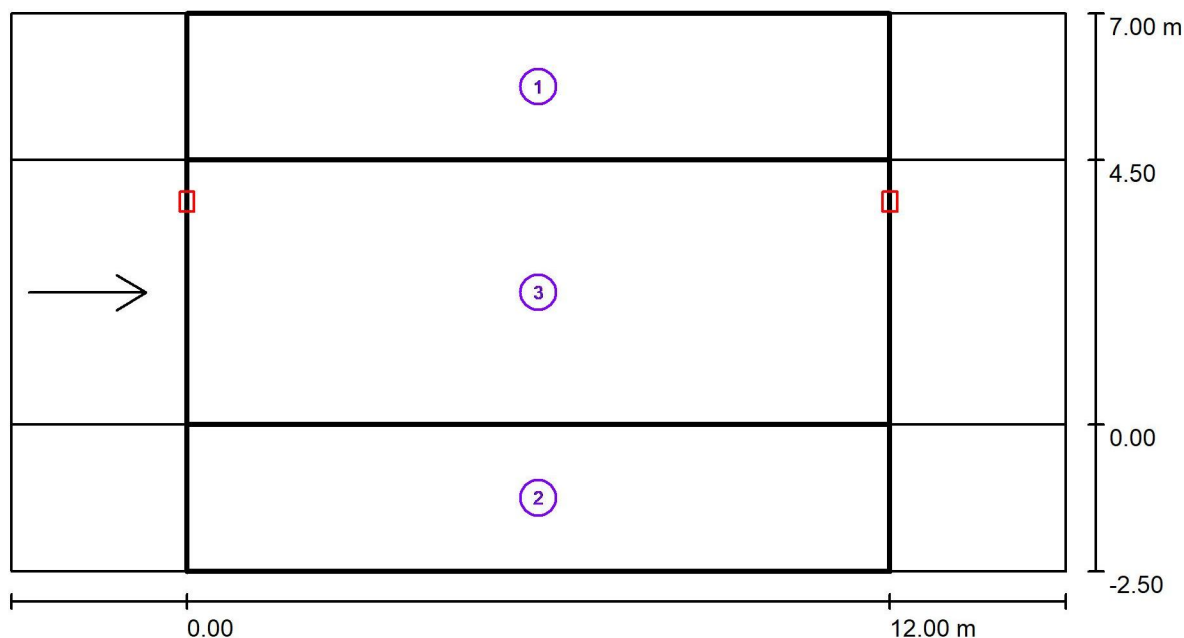




Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:129

### Lista del recuadro de evaluación

#### 1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$E_m$  [lx]

22.72

$\geq 7.50$



U0

0.90

$\geq 0.40$





Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Resultados luminotécnicos

### Lista del recuadro de evaluación

#### 2 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 2.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

$E_m$  [lx]

17.58

U0

0.88

Valores de consigna según clase:

$\geq 7.50$

$\geq 0.40$

Cumplido/No cumplido:



#### 3 Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 12.000 m, Anchura: 4.500 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

$L_m$  [cd/m<sup>2</sup>]

1.06

U0

0.77

UI TI [%]

0.81

1

SR

0.89

Valores de consigna según clase:

$\geq 1.00$

$\geq 0.40$

$\geq 0.70$

$\leq 14$

$\geq 0.50$

Cumplido/No cumplido:

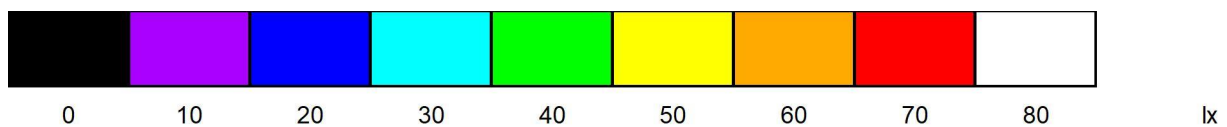
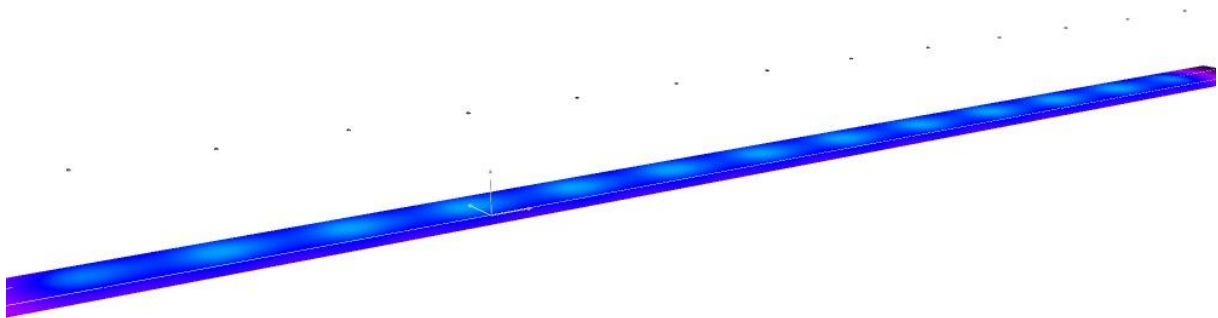




Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / **Rendering (procesado) de colores falsos**



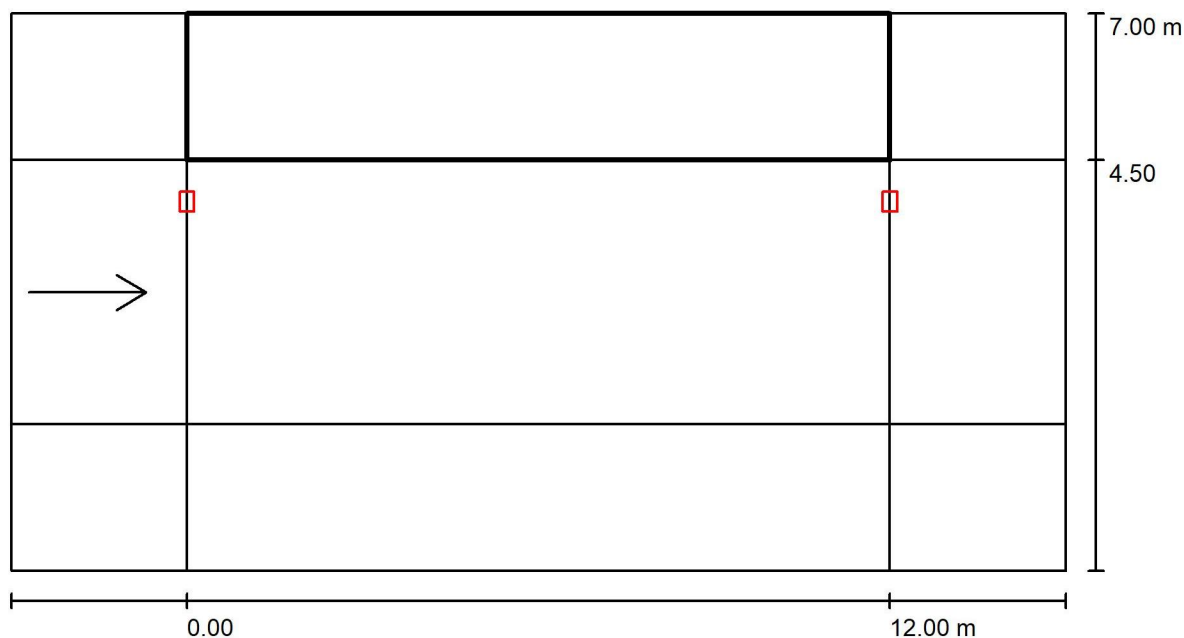




Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:129

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

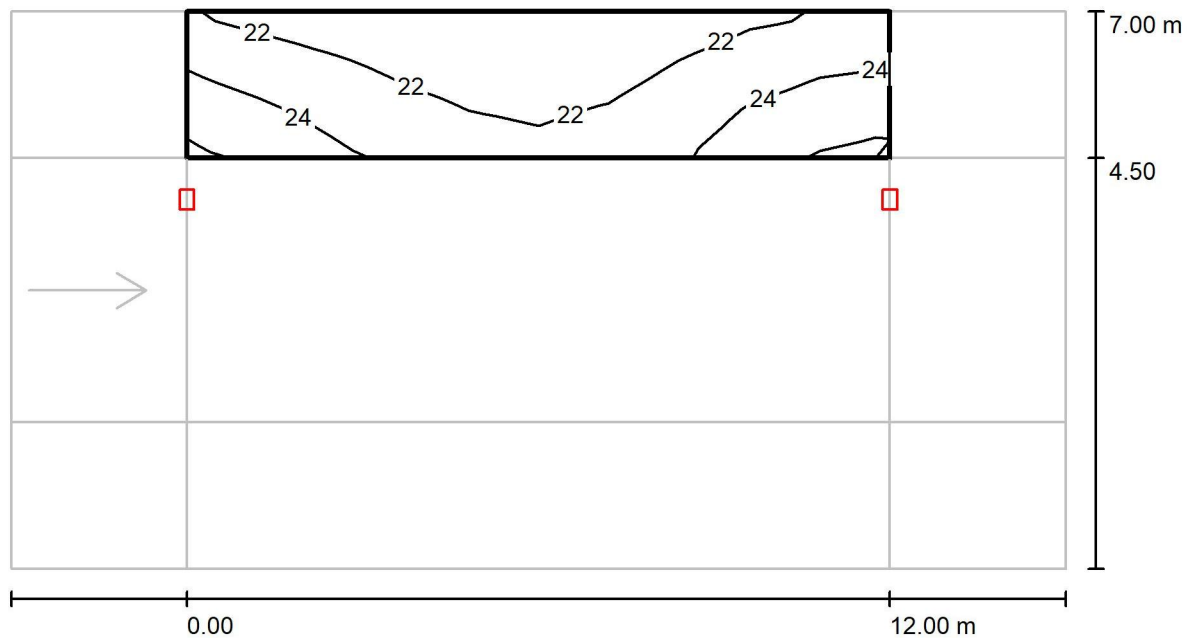
$E_m$ [lx]	U0
22.72	0.90
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 129

Trama: 10 x 3 Puntos

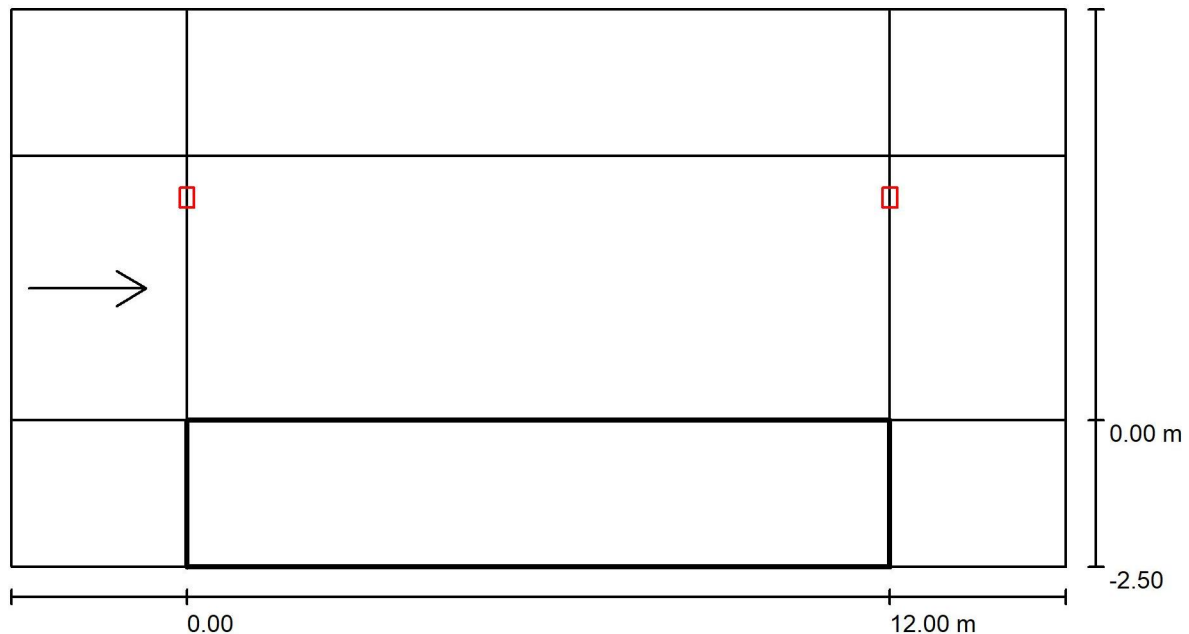
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
23	20	26	0.896	0.789



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:129

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

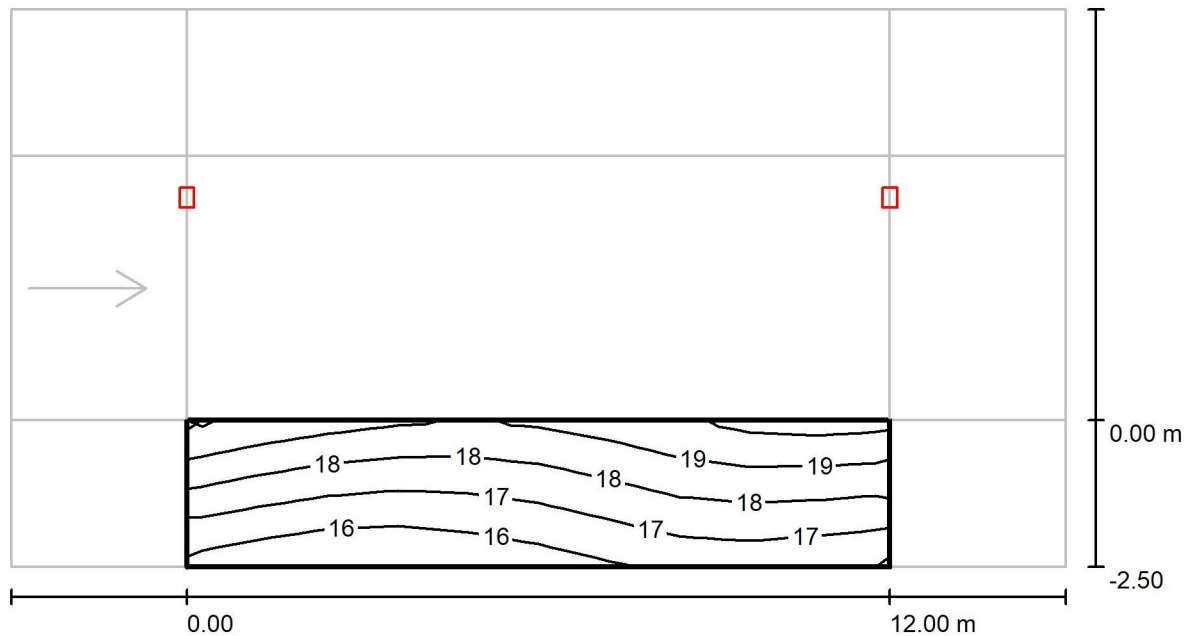
$E_m$ [lx]	U0
17.58	0.88
$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
✓	✓



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 129

Trama: 10 x 3 Puntos

$E_m [lx]$   
18

$E_{min} [lx]$   
16

$E_{max} [lx]$   
20

$E_{min} / E_m$   
0.881

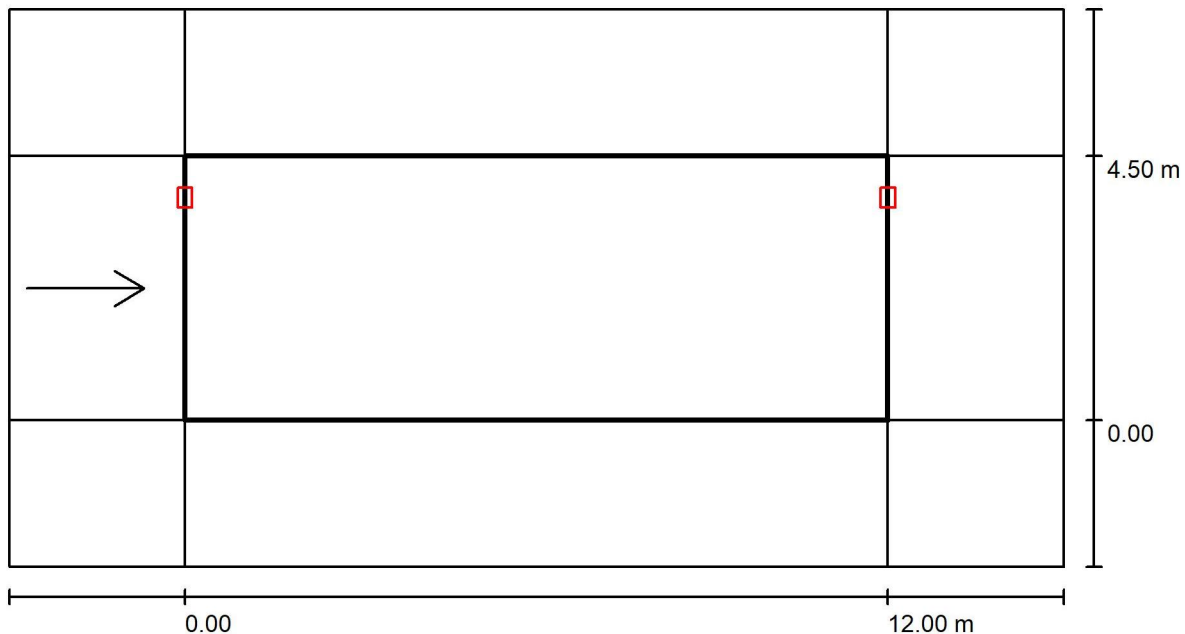
$E_{min} / E_{max}$   
0.784



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:129

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4b

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
1.06	0.77	0.81	1	0.89
$\geq 1.00$	$\geq 0.40$	$\geq 0.70$	$\leq 14$	$\geq 0.50$
✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (1 Pieza):

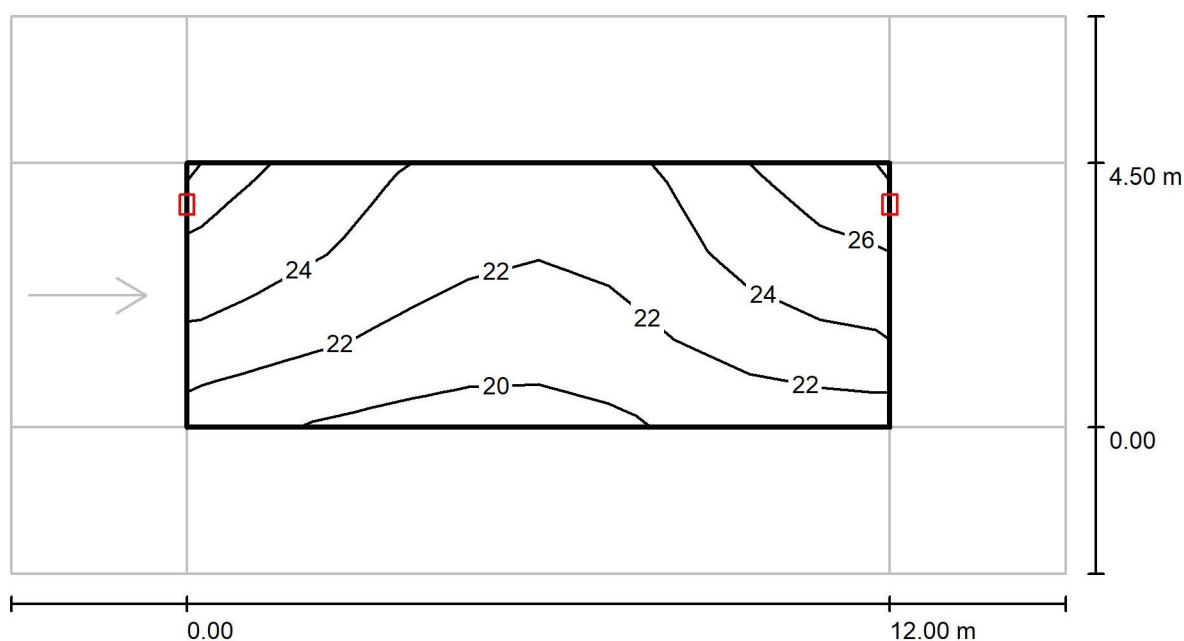
N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 2.250, 1.500)	1.06	0.77	0.81	1



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

## Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 129

Trama: 10 x 3 Puntos

$E_m$  [lx]  
23

$E_{min}$  [lx]  
20

$E_{max}$  [lx]  
26

$E_{min} / E_m$   
0.872

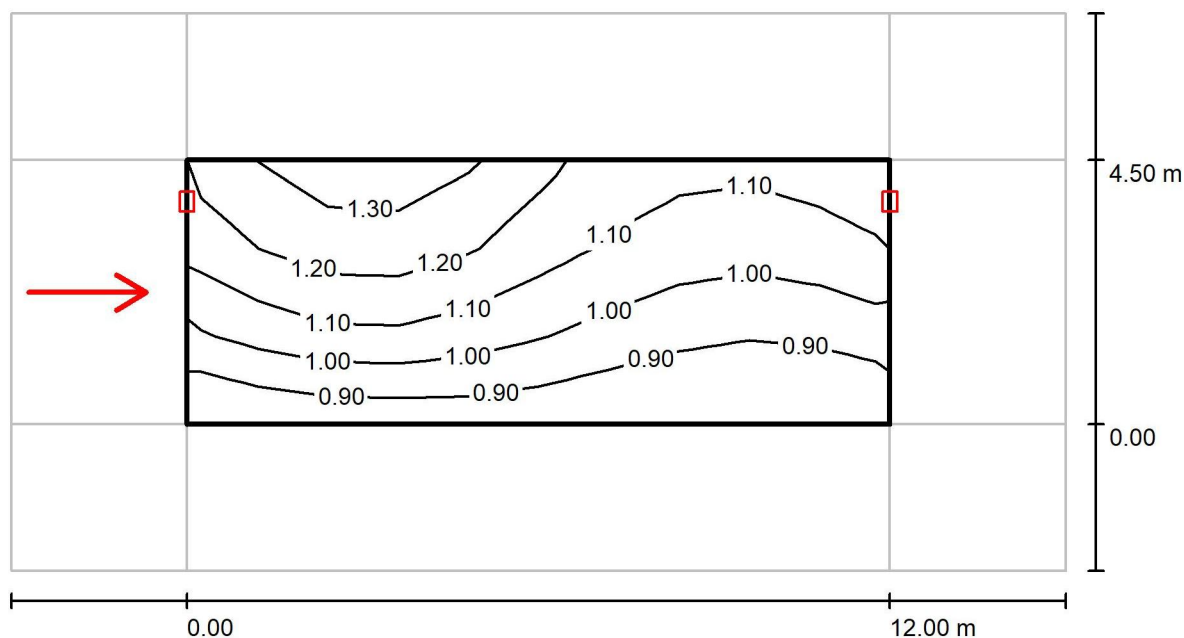
$E_{min} / E_{max}$   
0.756



Universidad de La Coruña  
Escuela Universitaria Politécnica  
Ferrol

Proyecto elaborado por Pablo Morgade Fernández  
Teléfono  
Fax  
e-Mail pablo.morgade@udc.es

**Vía pública 2 (Esquema de vía pública 1) / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 129

Trama: 10 x 3 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 2.250 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.06	0.77	0.81	1
Valores de consigna según clase ME4b:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 14
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS												
Características Luminotécnicas		Avenida Eduardo Pondal				Rúa Rosalía de Castro			Rúa Castelaio			
		Camino peatonal 1	Carril estacionamiento 1	Calzada	Carril estacionamiento 2	Camino peatonal 2	Camino peatonal 1	Calzada	Carril estacionamiento 1	Camino peatonal 1	Calzada	Carril estacionamiento
Modelo luminaria		BGP623 110-45/740	NA	NA	NA	BGP623 110-45/740	BGP623 110-45/740	NA	NA	BGP623 110-45/740	NA	NA
Flujo luminoso luminaria (lm)		9974	NA	NA	NA	9974	9974	NA	NA	9974	NA	NA
Flujo luminoso lámparas (lm)		11000	NA	NA	NA	11000	11000	NA	NA	11000	NA	NA
Potencia (W)		65,0	NA	NA	NA	65,0	65,0	NA	NA	65,0	NA	NA
Organización		bilateral desplazado	NA	NA	NA	bilateral desplazado	unilateral arriba	NA	NA	unilateral arriba	NA	NA
Distancia entre mástiles (m)		12,000	NA	NA	NA	12,000	12,000	NA	NA	12,000	NA	NA
Altura de montaje (m)		9,000	NA	NA	NA	9,000	9,000	NA	NA	9,000	NA	NA
Altura del punto de luz (m)		8,880	NA	NA	NA	8,880	8,880	NA	NA	8,880	NA	NA
Saliente sobre la calzada (m)		-3,000	NA	NA	NA	-3,000	0,700	NA	NA	0,700	NA	NA
Inclinación del brazo (grados)		0,0	NA	NA	NA	0,0	0,0	NA	NA	0,0	NA	NA
Longitud del brazo (m)		1,000	NA	NA	NA	1,000	1,000	NA	NA	1,000	NA	NA
Anchura del vial (m)		2,500	3,500	9,000	2,500	2,500	2,500	4,500	2,500	2,500	4,500	2,500
Carriles de tránsito		1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Revestimiento del vial		NA	NA	R3	NA	NA	NA	R3	NA	NA	R3	NA
Factor mantenimiento		0,67	NA	NA	NA	0,67	0,67	NA	NA	0,67	NA	NA
Clase de iluminación		CE5	CE5	ME4b	CE5	CE5	CE5	ME4b	CE5	CE5	ME4b	CE5
Valores de consigna	Em (lx)	≥ 7,5	≥ 7,5	NA	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 7,5	NA	≥ 7,5	≥ 7,5	NA	≥ 7,5
	U0	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40	≥ 0,40
	Lm (cd/m²)	NA	NA	≥ 1,00	NA	NA	NA	≥ 1,00	NA	NA	≥ 1,00	NA
	UI	NA	NA	≥ 0,70	NA	NA	NA	≥ 0,70	NA	NA	≥ 0,70	NA
	TI (%)	NA	NA	≤14	NA	NA	NA	≤14	NA	NA	≤14	NA
	SR	NA	NA	≥ 0,50	NA	NA	NA	≥ 0,50	NA	NA	≥ 0,50	NA
Valores reales	Em (lx)	28,13	30,51	NA	30,48	29,65	22,72	NA	17,58	22,72	NA	17,58
	U0	0,89	0,92	0,89	0,93	0,89	0,90	0,77	0,88	0,90	0,77	0,88
	Lm (cd/m²)	NA	NA	1,06	NA	NA	NA	1,06	NA	NA	1,06	NA
	UI	NA	NA	0,92	NA	NA	NA	0,81	NA	NA	0,81	NA
	TI (%)	NA	NA	1	NA	NA	NA	1	NA	NA	1	NA
	SR	NA	NA	1,07	NA	NA	NA	0,89	NA	NA	0,89	NA

Tabla 2.6.5.1 – Resultados luminotécnicos



PREVISIÓN DE CARGA ALUMBRADO																														
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	CPM	FASES	LUMINARIAS			CARGA																								
			Número	Modelo	Potencia (Kw)	Tensión (V)	Potencia (Kw)	Potencia (Kva)	cosφ	Ternos	Intensidad (A)	Intensidad cálculo (A)	K_terreno	K_resistividad	K_ternos	K_profundidad	K_tubo	K_total	Intensidad Tabla (A)	Sección Tabla (mm²)	Sección Mínima (mm²)	Longitud (m)	Cdt Máxima (%)	Sección Cálculo (mm²)	Sección Real (mm²)	Cdt Real (%)	Tubo (mm)	Magnetotérmico (A)	LA	Planos
CT 5	1	R	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	330,47	1,50	20,44	25	1,23	90	50	5.5.1	7, 12, 16
		S	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	342,47	1,50	21,18	25	1,27	90	50	5.5.2	7, 12, 16
		T	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	354,47	1,50	21,93	25	1,32	90	50	5.5.3	7, 12, 16
		RST	30	BGP623 110-4S/740	0,065	400	1,950	2,031	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	10	13,79	1,40	0,46	35	0,02	110	63	5.5	7, 12, 16
CT 6	2	R	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	321,25	1,50	19,87	25	1,19	90	50	6.5.1	7, 12, 16
		S	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	333,25	1,50	20,61	25	1,24	90	50	6.5.2	7, 12, 16
		T	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	345,25	1,50	21,36	25	1,28	90	50	6.5.3	7, 12, 16
		RST	30	BGP623 110-4S/740	0,065	400	1,950	2,031	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	10	13,84	1,40	0,46	35	0,02	110	63	6.5	7, 12, 16
CT 3	3	R	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	342,76	1,50	21,20	25	1,27	90	50	3.4.1	7, 12, 16
		S	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	354,76	1,50	21,95	25	1,32	90	50	3.4.2	7, 12, 16
		T	11	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,715	0,745	0,96	1	3,23	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	6,02	6	6	366,76	1,50	22,69	25	1,36	90	50	3.4.3	7, 12, 16
		RST	31	BGP623 110-4S/740	0,065	400	2,015	2,099	0,96	1	3,03	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,66	6	10	14,97	1,40	0,50	35	0,02	110	63	3.4	7, 12, 16
CT 4	4	R	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	344,37	1,50	21,30	25	1,28	90	50	4.5.1	7, 12, 16
		S	10	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,650	0,677	0,96	1	2,93	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,48	6	6	356,37	1,50	22,04	25	1,32	90	50	4.5.2	7, 12, 16
		T	11	BGP623 110-4S/740	0,065	230,94	0,715	0,745	0,96	1	3,23	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	6,02	6	6	368,37	1,50	22,79	25	1,37	90	50	4.5.3	7, 12, 16
		RST	31	BGP623 110-4S/740	0,065	400	2,015	2,099	0,96	1	3,03	6	0,92	0,93	0,79	0,99	0,80	0,54	5,66	6	10	14,98	1,40	0,50	35	0,02	110	63	4.5	7, 12, 16
TOTAL			122	BGP623 110-4S/740	0,065	20000	7,930	8,260	0,96	2	0,12																			

Tabla 2.6.5.2 – Previsión de carga alumbrado

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO

	Páginas
2.7 ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO	472
2.7.1 Objeto .....	472
2.7.2 Alcance .....	472
2.7.3 Descripción de la instalación .....	472
2.7.4 Cálculos .....	474
2.7.5 Resultados finales .....	518

## **2.7 ANEXO 7: ARMÓNICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO**

El anexo 7 indica las características principales de la instalación eléctrica que contiene Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para eliminarlos en la ejecución del presente proyecto.

### **2.7.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de los elementos que mitigan o eliminan los Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.7.2 Alcance**

El alcance del presente anexo son los Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público del polígono industrial Ártabro.

La red de Alumbrado Público se proyecta de forma que se eliminarán las distorsiones armónicas más importantes en la instalación eléctrica y, directamente relacionadas con las perturbaciones, los consumos eléctricos, la calidad y eficiencia energética.

Un aspecto fundamental de la calidad y eficiencia energética consiste en generar y transportar al máximo energía activa que produce trabajo útil.

Las perturbaciones producen en la red corrientes distorsionadas, causadas principalmente por las cargas distorsionantes (receptores no lineales).

El esquema sobre la parte de la instalación donde debemos conectar los filtros Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público se representa en el plano Unifilar Alumbrado Público, número 16. El esquema eléctrico se ajustará a la normativa vigente en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

El mantenimiento y modificaciones de la red eléctrica será responsabilidad exclusiva del Ayuntamiento de Narón, aunque puede externalizar los trabajos si supone una reducción de costes.

El suministrador que presta dicho servicio eléctrico será responsable de mantener una calidad y fiabilidad del suministro de la energía eléctrica.

### **2.7.3 Descripción de la instalación**

La mejora de la eficiencia energética en el alumbrado público la logramos mediante la eliminación de armónicos por medio de la utilización de filtros armónicos.

Los filtros armónicos instalados serán de absorción y, se comportan como cortocircuitos para los armónicos deseados, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos en las instalaciones.

Un factor para resaltar en este aspecto es que, adquiriendo directamente los componentes necesarios, bobinas y condensadores, en vez de comprar los filtros que hay en el mercado, permite abaratar los costes y conseguir una mejor adaptación de los elementos a las necesidades de la instalación.

El modo de funcionamiento se basa en que a la frecuencia del armónico calculado: tercero; quinto; y séptimo; el condensador se anula con la bobina, por lo tanto, solo elimina el armónico sin aumentar el consumo eléctrico, mientras que, a la frecuencia fundamental, 50 Hz, el valor del condensador será mayor que el de la bobina, consiguiendo compensar la potencia reactiva y actuando de forma similar a como funciona una batería de condensadores, además de eliminar los armónicos no deseados.

La siguiente figura indica la conexión eléctrica del filtro armónico de absorción.

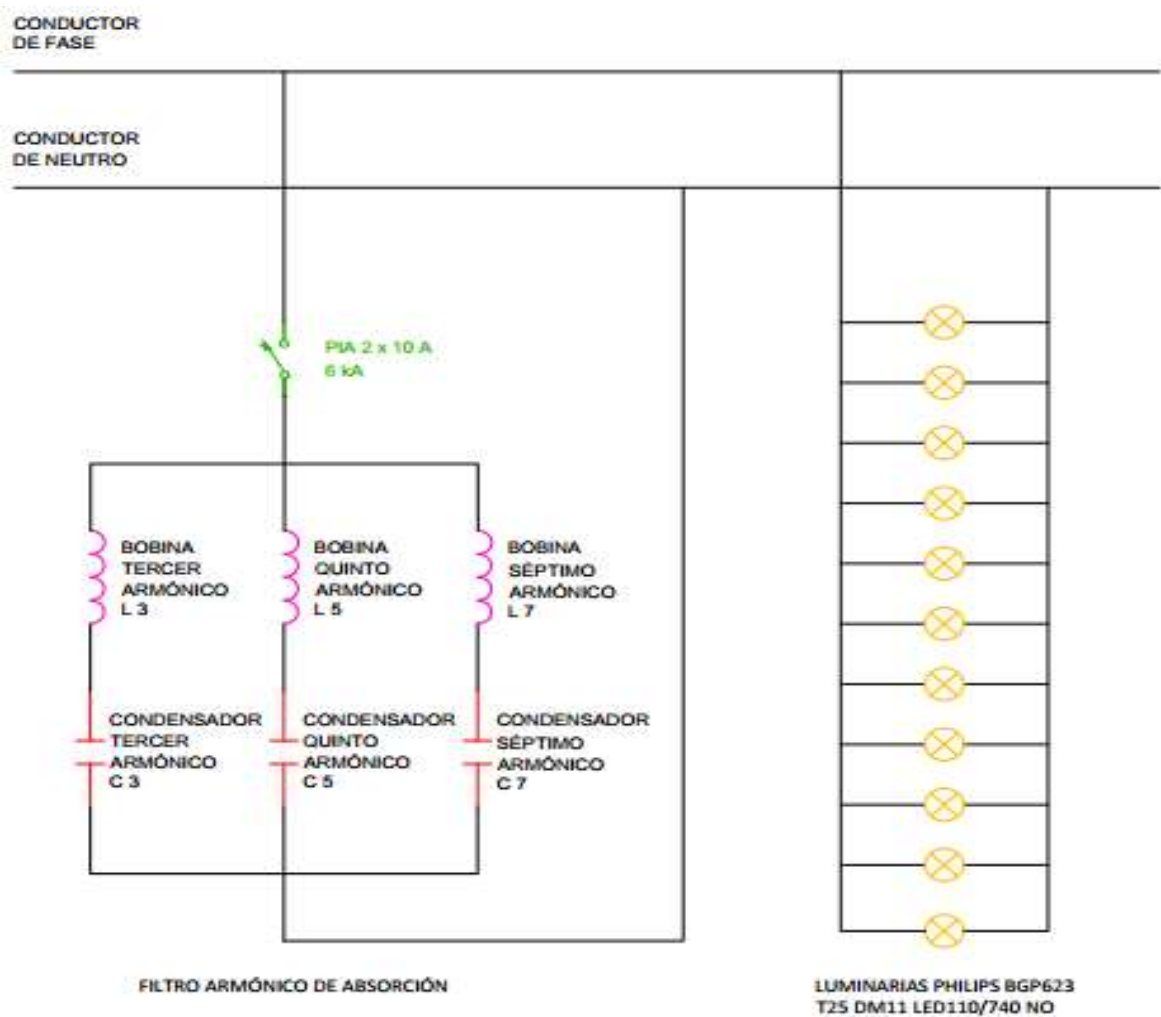


Figura 2.7.3.1 – Filtro armónico de absorción (Pablo Morgade Fernández)

La configuración será instalando 3 condensadores y 3 bobinas en cada conductor de fase monofásico en la red de Alumbrado Público mediante conexión en estrella, así cada pareja de condensador – bobina eliminaría un armónico de los tres.

La tensión de funcionamiento es 250 V en corriente alterna y, con la configuración siguiente:

- Los condensadores son: 10 de 1,156  $\mu\text{F}$ ; 10 de 0,749  $\mu\text{F}$ ; 10 de 0,546  $\mu\text{F}$ ; 2 de 1,272  $\mu\text{F}$ ; 2 de 0,824  $\mu\text{F}$ ; 2 de 0,601  $\mu\text{F}$ .
- Las bobinas son: 10 de 0,974 H; 10 de 0,541 H; 10 de 0,379 H; 2 de 0,885 H; 2 de 0,492 H; 2 de 0,344 H.

#### 2.7.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales que contienen Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02040.

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- Como punto de partida de los cálculos eléctricos se fija en la Red de Distribución de Alumbrado Público diseñada en una fase anterior.
- La instalación eléctrica está prácticamente equilibrada entre las tres fases activas que alimentan las luminarias desde las 4 CPM, tan sólo difieren en una luminaria a mayores en la fase T en las CPM 3 y CPM 4, por lo tanto, evitamos sobrecargar una línea de distribución monofásica que, ante un posible fallo, podría dejar sin alimentación a las luminarias del área afectada.

- Las CPM 1 y CPM 2 poseen 10 luminarias de 65 W por cada fase activa, (R, S y T), consiguiendo un equilibrio total sino aparece ningún problema eléctrico en algún báculo que, puede descompensar la instalación de distribución en alumbrado público.
- Las CPM 3 y CPM 4 poseen 10 luminarias de 65 W en las fases R, y S, mientras que la fase T tiene instaladas 11 luminarias, provocando un pequeño desequilibrio que no compensaremos con la instalación de los filtros de absorción, pero si eliminamos los armónicos que es objetivo principal del diseño.
- Los armónicos se incorporan a la red de distribución en alumbrado público por medio de los elementos electrónicos que, están incluidos en el diseño de las luminarias para lograr una optimación del consumo eléctrico.
- Los armónicos más característicos en la red de distribución en alumbrado público y, objeto de estudio, son los siguientes:
  - El tercer armónico, consiste en un armónico de orden 3 y supone un 23,11% de la corriente fundamental, 150 Hz.
  - El quinto armónico, equivale a un armónico de orden 5 y supone un 9,86% de la corriente fundamental, 250 Hz.
  - El séptimo armónico, consiste en un armónico de orden 7 y supone un 8,60% de la corriente fundamental, 350 Hz.
- El diseño de los filtros armónicos de absorción permite compensar la corriente generada por los armónicos característicos, reduciendo en consumo, eliminando perturbaciones y optimizando la instalación eléctrica.
- Los filtros de absorción estarán proyectados para que el factor de potencia de la instalación logre aproximarse a 1.
- Los filtros están compuestos por bobinas y condensadores, situados al comienzo de cada fase en las CPM, permitirán compensar la potencia reactiva de todas las luminarias instaladas aguas abajo de la red de distribución de alumbrado público.
- Las bobinas tendrán la ventilación necesaria que permitan refrigerarlas, ya que cuando comiencen a funcionar se empezarán a calentar, por lo tanto, evitando fallos por sobrecalentamientos en la red eléctrica.
- Los condensadores serán principalmente electrolíticos bipolares al estar instalados en una red de distribución de corriente alterna.
- La capacidad de los condensadores dependerá del número de luminarias a compensar y de la corriente armónica a eliminar.

- Los condensadores estarán conectados en serie con las bobinas según el armónico a eliminar, en cambio al mismo tiempo, su configuración será en paralelo con la carga que deseamos compensar.
- Las bobinas están diseñadas para eliminar la corriente producida por los armónicos.
- Las inductancias de las bobinas se acotan a las corrientes armónicas.
- Las bobinas estarán conectadas en serie con los condensadores según el armónico a eliminar, en cambio al mismo tiempo, su configuración será en paralelo con la carga que deseamos compensar.
- El conductor utilizado para las conexiones de los filtros en el interior de la CPM tendrá una sección de 6 mm<sup>2</sup> y aislamiento XLPE de 0,6/1 kV. La razón de instalar una sección inferior a la de alimentación de las luminarias se basa en que la distancia de los conductores es mínima, mismo cuadro eléctrico.
- La protección del filtro se realizará con un magnetotérmico bipolar de 10 A, puesto que la intensidad de cálculo es tan solo de 6 A.
- La instalación de alumbrado cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- La tensión nominal o de servicio será de 400/230,94 V y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- Las características técnicas de las CPM se indican en los apartados 8.8 y 10 de las Normas Particulares de UFD para Instalaciones de Enlace en BT.
- La CPM será un modelo homologado por UFD y, que por lo menos permita incluir en su interior:
  - Un contador de consumo de energía eléctrica según indicaciones de la empresa suministradora, UFD.
  - Un IGA tetrapolar para la protección magnetotérmica general.
  - Un interruptor horario astronómico con contactor para la maniobra de mando, además de sus protecciones, ID y PIA.
  - Un ID para cada fase activa, por lo tanto, serán tres protecciones contra contactos indirectos por cuadro eléctrico.
  - Un PIA en cada fase activa para proteger cada circuito, por consiguiente, serán tres protecciones magnetotérmicas por cuadro eléctrico.
  - Un PIA en cada fase activa para proteger el filtro armónico de absorción de cada circuito, por consiguiente, serán tres protecciones magnetotérmicas por cuadro eléctrico.



- Un filtro armónico de absorción compuesto por tres parejas de bobinas – condensadores para eliminar las tres corrientes armónicas a estudio.

Las protecciones y elementos eléctricos en el interior de la CGP estarán de acuerdo con los cálculos efectuados para la obtención de la Intensidad de cálculo.

- El cálculo de la acometida será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.
- La previsión de cargas de las 122 luminarias de 65 W calculadas con el DIALux 4.13 se ajusta a los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI.
- La potencia máxima instalada es 7,93 kW (8,26 kVA) según se indica en los cálculos descritos en varias tablas eléctricas del presente proyecto.
- La potencia máxima admitida en cada uno de los cuadros principales de BT situados en los 8 CT dependerá del calibre del interruptor general automático situado aguas arriba de la instalación, en nuestro caso es un magnetotérmico tetrapolar de 630 A, soportando una potencia máxima admitida de 458,301 kVA.
- El presente proyecto implementará un sistema de régimen de neutro de conexión TN-S según las medidas descritas en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24.
- Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario, como es el caso de este proyecto para las líneas de distribución de alumbrado público, no existe línea general de alimentación y su caída de tensión máxima admisible es de 1,5% según la ITC-BT-15.

La derivación individual y la línea general de alimentación es el mismo conductor.

- El contador en la instalación objeto de diseño, se colocará en la caja de protección y medida, CPM, según la ITC-BT-13 al ser un suministro para un único usuario. En este caso se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida.
- La sección de la derivación individual o la línea general de alimentación para el caso de un solo usuario será de 3 unipolares con superficie de fase según la tabla 5 de la ITC-BT-07 y, relacionada con la intensidad máxima admisible obtenida en el cálculo de la previsión de cargas en conductores de cobre en instalación enterrada.

La sección del conductor neutro se indican en la tabla 1 de la ITC-BT-07 y la tabla 1 de la ITC-BT-08 y en función del conductor de fase.

La sección del conductor de protección se fija en la tabla 2 de la ITC-BT-19 en función del conductor de fase.

- La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido según ITC-BT-14 y de sección superior aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto. La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-10 y los requisitos de diseño aplicables para el polígono industrial Ártabro en el PPAI .
- La sección de los conductores se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: la tabla del fabricante General Cable; las tablas de la ITC-BT-07 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT; proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de BT.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados como es el caso del presente proyecto, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, además de lo fijado en la instrucción ITC-BT-15.
- La tabla 1 de ITC-BT-19 detalla que la sección de los conductores a utilizar en la instalación interior en función de las intensidades admisibles y el número de conductores.

Esta misma instrucción también indica que la sección se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos (fuerza).

- Como la derivación individual tiene una caída de tensión del 1,5 %, quedará otro 1,5 % de caída tensión para la instalación interior de alumbrado público.
- El diámetro de los tubos para la derivación individual se calculará utilizando la tabla 1 de la ITC-BT-14 y, la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21.
- Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
- El factor de potencia de cada receptor de alumbrado será mayor o igual a 0,9 según la ITC-BT-44. En nuestro caso el factor de potencia en alumbrado público es de 0,96 al considerarse las luminarias led prácticamente como lámparas incandescentes a efectos de cálculo.

- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas para el RBT.
- La conductividad del cobre a efectos de cálculo será  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor aproximado sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- Según ITC-BT-10, la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Por lo tanto, en el alumbrado público el coeficiente simultaneidad será 1.

- El factor de utilización será 1 para alumbrado público por considerar que todos los equipos de alumbrado público pueden estar utilizados al mismo tiempo en la situación más desfavorable.
- Los cables de la instalación interior serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, como es nuestro caso en las líneas de distribución desde los CT hasta las CPM, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

- Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

En los esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección tendrán una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra.

Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las otras instrucciones técnicas aplicables en Baja Tensión para la red de tierra serán: ITC-BT-24; ITC-BT-26; ITC-BT-28.

- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de BT.

El **método de cálculo** empleado para las características eléctricas de la instalación eléctrica que contiene Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público fue la utilización de la aplicación de software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RBT y la empresa suministradora UFD.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Se empezará a calcular la intensidad de los receptores (luminarias) aguas abajo en el punto más alejado del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador, que determinará, junto con la sección de los conductores, el calibre de los dispositivos generales de mando y protección.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc. Una vez calculada la intensidad se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito. Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección después de aplicar los coeficientes necesarios, según la existencia o no de motores, lámparas de descarga, factor de simultaneidad, factor de utilización, canalización subterránea o aérea, etc.
- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según el RBT y consideraciones

establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en la tabla del fabricante para el tipo de conductor subterráneo utilizado, junto con la tabla de la ITC-BT-07, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación. Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT.

- Por último, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.
- Una vez diseñada la red de alumbrado público, se procederá al cálculo de los filtros armónicos en función de la previsión de carga de potencias e intensidades armónicas.
- Las potencias iniciales calculadas coincidirán con la red de distribución de alumbrado público y, añadiendo los valores de potencia reactiva y potencia perdida por efecto Joule, condicionada por la resistencia y longitud de los conductores.
- El segundo lugar realizaremos los cálculos necesarios para obtener las corrientes armónicas y, paralelamente se obtendrán de nuevo las potencias calculadas en el paso anterior, junto con la potencia de asimetría (desequilibrio) y potencia de distorsión.
- La forma de medir la calidad de la red eléctrica será obteniendo la eficiencia de la red de distribución a estudio en esta fase de diseño.
- A continuación, se realizarán las operaciones necesarias para el diseño de los filtros armónicos, logrando los valores de las bobinas y condensadores a instalar en la red de distribución eléctrica a estudio.
- Por último, obtenemos el nuevo valor de corriente a frecuencia fundamental, 50 Hz, relacionada directamente con las potencias compensadas y la eficiencia energética, una vez instalados los filtros armónicos de absorción.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** necesarias para el diseño de la línea de distribución en Baja Tensión y, para facilitar la comprensión de las fórmulas utilizadas realizaremos al mismo tiempo un ejemplo de cálculo de una línea de distribución monofásica en este proyecto.

El **ejemplo** coincidirá con el indicado en la red de alumbrado público, ya que se considera el punto de partida para el diseño de los filtros armónicos. Por lo tanto, la línea de distribución es la Línea de Alimentación 3.4.3, que tiene su origen en la fase T de la CPM 3 y, finaliza en la luminaria número 91.

Como se indicó anteriormente, el diseño de esta línea de distribución será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.

- **La Potencia Aparente del alumbrado público** de acuerdo con el número de luminarias calculadas por el DIALux 4.13.

- Potencia Aparente.

$$S = \frac{P}{\cos(\phi)} \quad (2.7.4.1)$$

En donde:

S = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (kVA).

P = Potencia activa de suministro del alumbrado público (kW).

$\cos(\phi)$  = Factor de potencia de los receptores en la línea de alimentación.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 0,715 \text{ kW.}$$

$$\cos(\phi) = 0,96.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 0,745 \text{ kVA.}$$

- **La Intensidad trifásica** calculada en función de la previsión de cargas del alumbrado público.

- Intensidad.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L * n} \quad (2.7.4.2)$$

En donde:

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$S$  = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$n$  = Número de ternos de la línea de distribución.

- **La Intensidad monofásica** calculada en función de la previsión de cargas del alumbrado público.
- Intensidad.

$$I = \frac{S}{V_F * n} \quad (2.7.4.3)$$

En donde:

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$S$  = Potencia aparente de suministro del alumbrado público (VA).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$n$  = Número de ternos de la línea de distribución.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$S = 0,745 * 10^3 \text{ VA}$ .

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

$n = 1$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I = 3,226 \text{ A}$ .

- **La Intensidad de cálculo** será la intensidad calculada en el paso anterior cuando se aproxima superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección normalizados.

$I_{\text{CÁLCULO}} = 6 \text{ A}$ .

- Factor de corrección para temperatura del terreno de 35 °C y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de 90 °C según la tabla 6 de la ITC-BT-07.

$K_1 = 0,92$ .

- Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno  $1,20 \text{ K}^{\circ}\text{m/W}$  por ser un conductor unipolar en una de las situaciones más desfavorable que se pudiera presentar, como indica la tabla 7 de la ITC-BT-07.

$$K_2 = 0,93.$$

- Factor de corrección por la distancia de 200 mm entre 3 ternos de la zanja para cables no directamente enterrados (bajo tubo), según la tabla 8 de la ITC-BT-07.

$$K_3 = 0,79.$$

- Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables enterrados a 0,80 m según la tabla 9 de la ITC-BT-07.

$$K_4 = 0,99.$$

- Factor de corrección para una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo según el apartado 3.1.3 de la ITC-BT-07.

$$K_5 = 0,80.$$

- **Factor de corrección total** según la instalación elegida.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.7.4.4)$$

En donde:

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

$K_1$  = Factor de corrección por la temperatura del terreno.

$K_2$  = Factor de corrección por la resistividad térmica del terreno.

$K_3$  = Factor de corrección por la distancia entre ternos.

$K_4$  = Factor de corrección por la profundidad de los cables.

$K_5$  = Factor de corrección por cables unipolares en el interior de un mismo tubo.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$K_1 = 0,92.$$

$$K_2 = 0,93.$$

$$K_3 = 0,79.$$

$$K_4 = 0,99.$$

$$K_5 = 0,80.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.



$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,535.$$

- **La Intensidad tabla** es la intensidad máxima admisible del conductor en función del tipo de instalación elegida y, posee una relación directa con los valores indicados en la tabla 5 de la ITC-BT-07 para servicio trifásico y monofásico.
- Intensidad tabla.

$$I_{\text{TABLA}} = \frac{I}{K_{\text{REDUCTOR}}} \quad (2.7.4.5)$$

En donde:

$I_{\text{TABLA}}$  = Intensidad máxima admisible del conductor según la instalación elegida (A).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

$$K_{\text{REDUCTOR}} = 0,535.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{\text{TABLA}} = 6,029 \text{ A.}$$

- **La Sección tabla** es la sección mínima que corresponde con un valor superior a la intensidad tabla según indica la tabla 5 de la ITC-BT-07 para una terna de cables unipolares con aislamiento XLPE.

$$S_{\text{TABLA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección mínima** es la sección mínima que corresponde con el apartado 5.2.1 de la ITC-BT-09 para cables de redes subterráneas trifásicas y monofásicas, además, habrá que tener en cuenta que la sección de la red trifásica será como mínimo una escala superior normalizada a la calculada para la red monofásica, a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación.

$$S_{\text{MÍNIMA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección que prevalece**, entre la sección tabla y sección mínima, será la que posea una superficie mayor de los dos valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{TABLA}} = 6 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión máxima** será de 1,50 %, dividiéndola entre el 1,40 % para la línea de distribución trifásica del alumbrado público y, 0,10 % para el conductor que alimenta el cuadro principal desde el secundario del transformador.

Se decide hacer este reparto de caída de tensión por que la longitud de los conductores del cuadro principal tendrá un valor tan pequeño respecto al conjunto de la línea eléctrica, ya que los equipos eléctricos están muy próximos (separados por un tabique), en cada edificio prefabricado que alberga los 8 CT.

La caída de tensión máxima será de 1,50 % para la línea de distribución monofásica del alumbrado público desde el CPM hasta las luminarias.

- Caída de tensión máxima trifásica.

$$E = \frac{CDT_{MÁXIMA} * V_L}{100} \quad (2.7.4.6)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$CDT_{MÁXIMA}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$CDT_{MÁXIMA} = 1,40 \%$ .

$V_L = 400 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$E = 5,6 \text{ V}$ .

- Caída de tensión máxima monofásica.

$$E = \frac{CDT_{MÁXIMA} * V_F}{100} \quad (2.7.4.7)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$CDT_{MÁXIMA}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$CDT_{MÁXIMA} = 1,50 \%$ .

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 3,464 \text{ V.}$$

- **La Potencia aparente de cálculo** será la potencia aparente utilizada para calcular la sección mínima del conductor.
- Potencia aparente de cálculo trifásica.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{CÁLCULO}} \quad (2.7.4.8)$$

En donde:

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{CÁLCULO}}$  = Intensidad del magnetotérmico normalizado (A).

- Potencia aparente de cálculo monofásica.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = V_F * I_{\text{CÁLCULO}} \quad (2.7.4.9)$$

En donde:

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{\text{CÁLCULO}}$  = Intensidad del magnetotérmico normalizado (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$I_{\text{CÁLCULO}} = 6 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA.}$$

- **La Sección de cálculo** será la sección mínima por utilizar en la línea de distribución, condicionada por el valor máximo de caída de tensión indicado en el apartado anterior.
- Sección de cálculo trifásica.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_L} \quad (2.7.4.10)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo ( $\text{mm}^2$ ).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Sección de cálculo monofásica.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{2 * P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_F} \quad (2.7.4.11)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo ( $\text{mm}^2$ ).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA}$ .

$L = 366,76 \text{ m}$ .

$K = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

$E = 3,464 \text{ V}$ .

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$S_{\text{CÁLCULO}} = 22,687 \text{ mm}^2$ .

- **La Sección real** es la que prevalece entre la sección tabla, sección mínima y sección de cálculo al poseer una superficie mayor de los tres valores obtenidos en apartados anteriores.

$S_{\text{REAL}} = 25 \text{ mm}^2$ .

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real trifásica.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_L} \quad (2.7.4.10)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Caída de tensión real monofásica.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{2 * P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_F} \quad (2.7.4.11)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P_{\text{CÁLCULO}} = 1,3856 * 10^3 \text{ VA}$ .

$L = 366,76 \text{ m}$ .

$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2$ .

$S_{\text{REAL}} = 25 \text{ mm}^2$ .

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E_{\text{REAL}} = 3,144 \text{ V.}$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real trifásica.

$$CDT_{\text{REAL}} = \frac{E_{\text{REAL}} * 100}{V_L} \quad (2.7.4.6)$$

En donde:

$CDT_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Caída de tensión real monofásica.

$$CDT_{\text{REAL}} = \frac{E_{\text{REAL}} * 100}{V_F} \quad (2.7.4.7)$$

En donde:

$CDT_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$E_{\text{REAL}} = 3,144 \text{ V.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$CDT_{\text{REAL}} = 1,361 \text{ \%}.$$

- **El Diámetro de los tubos** hasta la CPM estará diseñado de acuerdo con la tabla 1 de la ITC-BT-14 y la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21. Por lo tanto, para la instalación interior con una sección de 2 conductores, fase y neutro, unipolares XLPE con 25 mm<sup>2</sup> y, conductor de protección con 16 mm<sup>2</sup>, le corresponde un tubo de 90 mm.

En el caso de existir contradicción entre las normas, se elegiría el valor más restrictivo, diámetro mayor.

$$\varnothing = 90 \text{ mm.}$$

- A pesar de no incluir la Intensidad de cortocircuito de los elementos de protección en las tablas de resultados finales, se realizará un ejemplo del método de cálculo necesario para la obtención del mencionado valor.
- **La Resistencia del conductor** será la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.
- Resistencia del conductor.

$$R_{LA\_3.4.3} = \frac{L_{240}}{K * n_{240} * S_{REAL\_240}} + \frac{L_{35}}{K * n_{35} * S_{REAL\_35}} + \frac{L_{25}}{K * n_{25} * S_{REAL\_25}} \quad (2.7.4.12)$$

En donde:

$R_{LA\_3.4.3}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

$L_{240}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3 (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $m/\Omega \cdot mm^2$ ).

$n_{240}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.

$S_{REAL\_240}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3 ( $mm^2$ ).

$L_{35}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.4 (m).

$n_{35}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.4.

$S_{REAL\_35}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.4 ( $mm^2$ ).

$L_{25}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.4.3 (m).

$n_{25}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.4.3.

$S_{REAL\_25}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.4.3 ( $mm^2$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$L_{240} = 6 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega \cdot mm^2.$$

$$n_{240} = 2.$$

$$S_{REAL\_240} = 240 \text{ mm}^2.$$

$$L_{35} = 14,97 \text{ m.}$$

$$n_{35} = 1.$$

$$S_{\text{REAL}_35} = 35 \text{ mm}^2.$$

$$L_{25} = 366,76 \text{ m.}$$

$$n_{25} = 1.$$

$$S_{\text{REAL}_25} = 25 \text{ mm}^2.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$R_{\text{LA}_3.4.3} = 0,2698 \Omega.$$

- **La Intensidad de cortocircuito** mínima como poder de corte del interruptor magnetotérmico usado para ser el elemento de protección de la línea de distribución LA 3.4.3.

El método de cálculo coincide para el diseño del magnetotérmico tetrapolar, tan sólo se cambiaría la tensión de fase por la tensión de línea.

- Intensidad de cortocircuito mínima.

$$I_{\text{CC\_LA}_3.4.3} = \frac{0,8 * V_F}{R_{\text{LA}_3.4.3}} \quad (2.7.4.13)$$

En donde:

$I_{\text{CC\_LA}_3.4.3}$  = Intensidad de cortocircuito mínima de la línea de alimentación 3.4.3 (A).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$R_{\text{LA}_3.4.3}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$R_{\text{LA}_3.4.3} = 0,2698 \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{\text{CC\_LA}_3.4.3} = 0,685 * 10^3 \text{ A.}$$

- **La Resistencia del conductor** de la línea de alimentación 3.4.3 será necesaria calcularla para la obtención de la potencia perdida por efecto Joule.

- Resistencia del conductor.

$$R_{\text{LA}_3.4.3\_Joule} = \frac{L_{25}}{K * n_{25} * S_{\text{REAL}_25}} \quad (2.7.4.12)$$



En donde:

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

$L_{25}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.4.3 (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $m/\Omega \cdot mm^2$ ).

$n_{25}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.4.3.

$S_{REAL\_25}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.4.3 ( $mm^2$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$L_{25} = 366,76$  m.

$K = 56$  m/ $\Omega \cdot mm^2$ .

$n_{25} = 1$ .

$S_{REAL\_25} = 25$  mm<sup>2</sup>.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE} = 0,2620$   $\Omega$ .

- **La Potencia perdida por efecto Joule** es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.

- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{PERDIDA} = n \cdot I^2 \cdot R_{LA\_3.4.3\_JOULE} \quad (2.7.4.14)$$

En donde:

$P_{PERDIDA}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

$n$  = Número de fases activas.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$n = 1$ .

$I = 3,226$  A.

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE} = 0,2620$   $\Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{PERDIDA}} = 0,0027 * 10^3 \text{ W.}$$

- **La Potencia reactiva** no se consume ni se genera en el sentido estricto (el uso de los términos "potencia reactiva generada" y/o "potencia reactiva consumida" es una convención) y en circuitos lineales solo aparece cuando existen bobinas o condensadores. Por lo tanto, es la potencia debida al desfase entre la Tensión y la Intensidad según la naturaleza de las cargas.
- Potencia reactiva trifásica.

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I * \sin ( \phi ) \quad (2.7.4.15)$$

En donde:

Q = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

I = Intensidad nominal de carga (A).

$\sin ( \phi )$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia de los receptores.

- Potencia reactiva monofásica.

$$Q = V_F * I * \sin ( \phi ) \quad (2.7.4.16)$$

En donde:

Q = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

I = Intensidad nominal de carga (A).

$\sin ( \phi )$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

$$\sin ( \phi ) = 0,28.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = 0,2086 * 10^3 VA_R.$$

- **Las Corrientes armónicas** son generadas por las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.

Los datos de los armónicos más significativos se obtuvieron en una práctica de laboratorio en la EUP con una luminaria de similares características.

- **La Corriente armónica generada por el primer armónico** consiste en un armónico de orden 1 y supone el 100% de la Intensidad fundamental, 50 Hz, además coincide con Intensidad nominal de carga.

- Intensidad del primer armónico.

$$I_1 = p * I \quad (2.7.4.17)$$

En donde:

$I_1$  = Intensidad del primer armónico (A).

$p$  = Porcentaje en tanto por uno de la Intensidad fundamental, 50 Hz.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$p = 1.$$

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_1 = 3,226 \text{ A.}$$

- **La Corriente armónica generada por el tercer armónico** consiste en un armónico de orden 3 y supone un 23,11% de la Intensidad fundamental, 150 Hz.

- Intensidad del tercer armónico.

$$I_3 = p * I \quad (2.7.4.17)$$

En donde:

$I_3$  = Intensidad del tercer armónico (A).

$p$  = Porcentaje en tanto por uno de la Intensidad fundamental, 50 Hz.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$p = 0,2311.$$

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_3 = 0,7455 \text{ A.}$$

- **La Corriente armónica generada por el quinto armónico** consiste en un armónico de orden 5 y supone un 9,86% de la Intensidad fundamental, 250 Hz.
- Intensidad del quinto armónico.

$$I_5 = p * I \quad (2.7.4.17)$$

En donde:

$I_5$  = Intensidad del quinto armónico (A).

$p$  = Porcentaje en tanto por uno de la Intensidad fundamental, 50 Hz.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$p = 0,0986.$$

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_5 = 0,3181 \text{ A.}$$

- **La Corriente armónica generada por el séptimo armónico** consiste en un armónico de orden 7 y supone un 8,60% de la Intensidad fundamental, 350 Hz.
- Intensidad del séptimo armónico.

$$I_7 = p * I \quad (2.7.4.17)$$

En donde:

$I_7$  = Intensidad del séptimo armónico (A).

$p$  = Porcentaje en tanto por uno de la Intensidad fundamental, 50 Hz.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$p = 0,0860.$$

$$I = 3,226 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_7 = 0,2774 \text{ A.}$$

- **La Corriente de valor eficaz total** es el módulo de todos los componentes que forman la onda.
- Intensidad RMS.

$$I_{\text{RMS}} = \sqrt{\sum_{N=0}^{N=\infty} (I_N)^2} = \sqrt{(I_1)^2 + (I_3)^2 + (I_5)^2 + (I_7)^2} \quad (2.7.4.18)$$

En donde:

$I_{\text{RMS}}$  = Intensidad RMS (A).

$I_1$  = Intensidad del primer armónico (A).

$I_3$  = Intensidad del tercer armónico (A).

$I_5$  = Intensidad del quinto armónico (A).

$I_7$  = Intensidad del séptimo armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_1 = 3,226$  A.

$I_3 = 0,7455$  A.

$I_5 = 0,3181$  A.

$I_7 = 0,2774$  A.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{\text{RMS}} = 3,3378$  A.

- **El Residuo armónico** es el valor eficaz de todos los armónicos de una magnitud distorsionada, descontada la contribución del armónico fundamental.

- Residuo armónico.

$$RA = \sqrt{\sum_{N=2}^{N=\infty} (I_N)^2} = \sqrt{(I_3)^2 + (I_5)^2 + (I_7)^2} \quad (2.7.4.19)$$

En donde:

RA = Residuo armónico (A).

$I_3$  = Intensidad del tercer armónico (A).

$I_5$  = Intensidad del quinto armónico (A).

$I_7$  = Intensidad del séptimo armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_3 = 0,7455$  A.

$I_5 = 0,3181$  A.

$I_7 = 0,2774$  A.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$RA = 0,8567$  A.

- **La Tasa total de distorsión** es la relación entre el valor eficaz del residuo armónico de la corriente y el valor de la componente fundamental en tanto por ciento.
- Tasa total de distorsión de la Intensidad.

$$THD_I = \frac{RA}{I_1} * 100 \quad (2.7.4.20)$$

En donde:

$THD_I$  = Tasa total de distorsión de la Intensidad (%).

$RA$  = Residuo armónico (A).

$I_1$  = Intensidad del primer armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$RA = 0,8567$  A.

$I_1 = 3,226$  A.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$THD_I = 26,5561$  %.

- **La Potencia activa** es la encargada de transformar la energía activa en trabajo útil.
- Potencia activa trifásica.

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_{RMS} * \cos(\phi) \quad (2.7.4.21)$$

En donde:

$P$  = Potencia activa (W).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{RMS}$  = Intensidad RMS (A).

$\cos(\phi)$  = Factor de potencia de los receptores.

- Potencia activa monofásica.

$$P = V_F * I_{RMS} * \cos(\phi) \quad (2.7.4.22)$$

En donde:

$P$  = Potencia activa (W).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{RMS}$  = Intensidad RMS (A).

$\cos(\phi)$  = Factor de potencia de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_F = 230,94 \text{ V}$ .

$I_{RMS} = 3,3378 \text{ A}$ .

$\cos(\phi) = 0,96$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P = 0,740 * 10^3 \text{ W}$ .

- **La Potencia perdida por efecto Joule** es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.

- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{PERDIDA} = n * (I_{RMS})^2 * R_{LA\_3.4.3\_JOULE} \quad (2.7.4.23)$$

En donde:

$P_{PERDIDA}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

$n$  = Número de fases activas.

$I_{RMS}$  = Intensidad RMS (A).

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$n = 1$ .

$I_{RMS} = 3,3378 \text{ A}$ .

$R_{LA\_3.4.3\_JOULE} = 0,2620 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{PERDIDA}} = 0,0029 * 10^3 \text{ W.}$$

- **La Potencia reactiva** no se consume ni se genera en el sentido estricto (el uso de los términos "potencia reactiva generada" y/o "potencia reactiva consumida" es una convención) y en circuitos lineales solo aparece cuando existen bobinas o condensadores. Por lo tanto, es la potencia debida al desfase entre la Tensión y la Intensidad según la naturaleza de las cargas.
- Potencia reactiva trifásica.

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{RMS}} * \sin ( \phi ) \quad (2.7.4.24)$$

En donde:

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{RMS}}$  = Intensidad RMS (A).

$\sin ( \phi )$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia de los receptores.

- Potencia reactiva monofásica.

$$Q = V_F * I_{\text{RMS}} * \sin ( \phi ) \quad (2.7.4.25)$$

En donde:

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{\text{RMS}}$  = Intensidad RMS (A).

$\sin ( \phi )$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$I_{\text{RMS}} = 3,3378 \text{ A.}$$

$$\sin ( \phi ) = 0,28.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = 0,2158 * 10^3 \text{ VA}_R.$$

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase R** es el módulo de todos los componentes que forman la onda.



- Intensidad RMS de la fase R.

$$I_{\text{RMS}_R} = 3,03 \angle -16,26^\circ \quad (2.7.4.26)$$

En donde:

$I_{\text{RMS}_R}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_R}$  y ángulo  $\phi_R$  ( $\arccos(0,96)$ ) (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase S** es el módulo de todos los componentes que forman la onda.

- Intensidad RMS de la fase S.

$$I_{\text{RMS}_S} = 3,03 \angle -136,26^\circ \quad (2.7.4.27)$$

En donde:

$I_{\text{RMS}_S}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_S}$  y ángulo  $\phi_S$  ( $-16,26^\circ - 120^\circ$ ) (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase T** es el módulo de todos los componentes que forman la onda.

- Intensidad RMS de la fase T.

$$I_{\text{RMS}_T} = 3,34 \angle 103,74^\circ \quad (2.7.4.28)$$

En donde:

$I_{\text{RMS}_T}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_T}$  y ángulo  $\phi_T$  ( $-16,26^\circ + 120^\circ$ ) (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase R con secuencia directa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas directas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase R con secuencia directa.

$$I_{\text{RMS}_R\_DIRECTA} = \frac{1}{3} * ( I_{\text{RMS}_R} \angle \phi_R + I_{\text{RMS}_S} \angle \phi_S * 1 \angle 120 + I_{\text{RMS}_T} \angle \phi_T * 1 \angle 240 ) \quad (2.7.4.29)$$

En donde:

$I_{\text{RMS}_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_R\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{R\_DIRECTA}$  (A).

$I_{\text{RMS}_R}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_R}$  y ángulo  $\phi_R$  ( $\arccos(0,96)$ ) (A).

$I_{\text{RMS}_S}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_S}$  y ángulo  $\phi_S$  ( $-16,26^\circ - 120^\circ$ ) (A).

$I_{\text{RMS}_T}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS}_T}$  y ángulo  $\phi_T$  ( $-16,26^\circ + 120^\circ$ ) (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{\text{RMS}_R}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo  $-16,26^\circ$  (A).

$I_{\text{RMS}_S}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo  $-136,26^\circ$  (A).

$I_{\text{RMS}_T}$  = Intensidad con módulo 3,34 y ángulo  $103,74^\circ$  (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 16,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase R con secuencia inversa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas inversas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase R con secuencia inversa.

$$I_{RMS\_R\_INVERSA} = \frac{1}{3} * ( I_{RMS\_R} | \underline{\phi_R} + I_{RMS\_S} | \underline{\phi_S} * 1 | \underline{240} + I_{RMS\_T} | \underline{\phi_T} * 1 | \underline{120} ) \quad (2.7.4.30)$$

En donde:

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{R\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_R}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R}$  y ángulo  $\phi_R$  (acos (0,96)) (A).

$I_{RMS\_S}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S}$  y ángulo  $\phi_S$  (-16,26° - 120°) (A).

$I_{RMS\_T}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T}$  y ángulo  $\phi_T$  (-16,26° + 120°) (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 16,26° (A).

$I_{RMS\_S}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 136,26° (A).

$I_{RMS\_T}$  = Intensidad con módulo 3,34 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 136,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase R con secuencia homopolar** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas homopolares con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase R con secuencia homopolar.

$$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR} = \frac{1}{3} * ( I_{RMS\_R} | \underline{\phi_R} + I_{RMS\_S} | \underline{\phi_S} + I_{RMS\_T} | \underline{\phi_T} ) \quad (2.7.4.31)$$

En donde:

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{R\_HOMOPOLAR}$  (A).

$I_{RMS\_R}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R}$  y ángulo  $\phi_R$  (acos (0,96)) (A).

$I_{RMS\_S}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S}$  y ángulo  $\phi_S$  (-16,26° - 120°) (A).

$I_{RMS\_T}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T}$  y ángulo  $\phi_T$  (-16,26° + 120°) (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 16,26° (A).

$I_{RMS\_S}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 136,26° (A).

$I_{RMS\_T}$  = Intensidad con módulo 3,34 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- **Comprobación que los cálculos** están bien realizados al relacionar las intensidades directa, inversa y homopolar con la corriente de valor eficaz total de la fase R.

- Intensidad RMS de la fase R comprobación.

$$I_{RMS\_R\_COMPROBACIÓN} = I_{RMS\_R\_DIRECTA} + I_{RMS\_R\_INVERSA} + I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR} \quad (2.7.4.32)$$

En donde:

$I_{RMS\_R\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R}$  y ángulo  $\phi_R$  (acos (0,96)) (A).

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{R\_DIRECTA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{R\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{R\_HOMOPOLAR}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 16,26° (A).

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 136,26° (A).

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_R\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 16,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase S con secuencia directa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas directas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase S con secuencia directa.

$$I_{RMS\_S\_DIRECTA} = I_{RMS\_R\_DIRECTA} * 1 \underline{240} \quad (2.7.4.33)$$

En donde:

$I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{S\_DIRECTA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{R\_DIRECTA}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 16,26° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 136,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase S con secuencia inversa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas inversas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase S con secuencia inversa.

$$I_{RMS\_S\_INVERSA} = I_{RMS\_R\_INVERSA} * 1 \sqrt{120} \quad (2.7.4.34)$$

En donde:

$I_{RMS\_S\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{S\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{R\_INVERSA}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 136,26° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_S\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 16,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase S con secuencia homopolar** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas homopolares con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase S con secuencia homopolar.

$$I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR} = I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR} \quad (2.7.4.35)$$

En donde:

$I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{S\_HOMOPOLAR}$  (A).

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{R\_HOMOPOLAR}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- **Comprobación que los cálculos** están bien realizados al relacionar las intensidades directa, inversa y homopolar con la corriente de valor eficaz total de la fase S.

- Intensidad RMS de la fase S comprobación.

$$I_{RMS\_S\_COMPROBACIÓN} = I_{RMS\_S\_DIRECTA} + I_{RMS\_S\_INVERSA} + I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR} \quad (2.7.4.36)$$

En donde:

$I_{RMS\_S\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S}$  y ángulo  $\phi_S$  (-16,26° - 120°) (A).

$I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{S\_DIRECTA}$  (A).

$I_{RMS\_S\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{S\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{S\_HOMOPOLAR}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_S\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 136,26° (A).

$I_{RMS\_S\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 16,26° (A).

$I_{RMS\_S\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_S\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad con módulo 3,03 y ángulo - 136,26° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase T con secuencia directa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas directas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase T con secuencia directa.

$$I_{RMS\_T\_DIRECTA} = I_{RMS\_R\_DIRECTA} * 1 \sqrt{120} \quad (2.7.4.37)$$

En donde:

$I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{T\_DIRECTA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{R\_DIRECTA}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo - 16,26° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo 103,74° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase T con secuencia inversa** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas inversas con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase T con secuencia inversa.

$$I_{RMS\_T\_INVERSA} = I_{RMS\_R\_INVERSA} * 1 \sqrt{240} \quad (2.7.4.38)$$

En donde:

$I_{RMS\_T\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{T\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{R\_INVERSA}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo - 136,26° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_T\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- **La Corriente de valor eficaz total de la fase T con secuencia homopolar** es la Intensidad que relaciona las componentes simétricas homopolares con las 3 fases.

- Intensidad RMS de la fase T con secuencia homopolar.

$$I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR} = I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR} \quad (2.7.4.39)$$

En donde:

$I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{T\_HOMOPOLAR}$  (A).

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{R\_HOMOPOLAR}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_R\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

- **Comprobación que los cálculos** están bien realizados al relacionar las intensidades directa, inversa y homopolar con la corriente de valor eficaz total de la fase T.

- Intensidad RMS de la fase T comprobación.

$$I_{RMS\_T\_COMPROBACIÓN} = I_{RMS\_T\_DIRECTA} + I_{RMS\_T\_INVERSA} + I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR} \quad (2.7.4.40)$$

En donde:

$I_{RMS\_T\_COMPROBACIÓN}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T}$  y ángulo  $\phi_T$  (-16,26° + 120°) (A).

$I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  y ángulo  $\phi_{T\_DIRECTA}$  (A).

$I_{RMS\_T\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_INVERSA}$  y ángulo  $\phi_{T\_INVERSA}$  (A).

$I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR}$  = Intensidad con módulo  $I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR}$  y ángulo  $\phi_{T\_HOMOPOLAR}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{RMS\_T\_DIRECTA}$  = Intensidad con módulo 3,133 y ángulo 103,74° (A).

$I_{RMS\_T\_INVERSA}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo 103,74° (A).

$I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}}$  = Intensidad con módulo 0,103 y ángulo  $103,74^\circ$  (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{\text{RMS\_T\_COMPROBACIÓN}}$  = Intensidad con módulo 3,34 y ángulo  $103,74^\circ$  (A).

- **La Potencia de asimetría** es la potencia debida a los desequilibrios de módulo y ángulo de las componentes fasoriales.
- Potencia de asimetría trifásica.

$$P_{\text{ASIMETRÍA}} = \sqrt{3} * V_{\text{LD}} * \sqrt{(I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}})^2 + (I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}})^2} \quad (2.7.4.41)$$

En donde:

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría ( $VA_A$ ).

$V_{\text{LD}}$  = Tensión de servicio o de línea directa, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa (V).

$I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}}$  (A).

$I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{\text{LD}} = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}} = 0,103 \text{ A}$ .

$I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}} = 0,103 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0,10092 * 10^3 VA_A$ .

- **La Potencia de distorsión** es la potencia debida a las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.
- Potencia de distorsión trifásica.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = \sqrt{3} * V_{1L} * RA \quad (2.7.4.42)$$

En donde:

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $VA_D$ ).

$V_{1L}$  = Tensión de servicio o de línea directa a frecuencia fundamental, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa y lineal (V).

RA = Residuo armónico (A).

- Potencia de distorsión monofásica.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = V_{1F} * RA \quad (2.7.4.43)$$

En donde:

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $VA_D$ ).

$V_{1F}$  = Tensión de servicio o de fase directa a frecuencia fundamental, coincide con la tensión de fase ( $V_F$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa y lineal ( $V$ ).

RA = Residuo armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_{1F} = 230,94 \text{ V.}$$

$$RA = 0,8567 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0,1979 * 10^3 VA_D.$$

- **La Potencia aparente** es la potencia que relaciona todas las cargas (útiles, desfasadas, desequilibradas y distorsionadas) para unificarlas en un único valor.

- Potencia aparente.

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2 + (P_{\text{ASIMETRÍA}})^2 + (P_{\text{DISTORSIÓN}})^2} \quad (2.7.4.44)$$

En donde:

S = Potencia aparente ( $VA$ ).

P = Potencia activa (W).

Q = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría tiene sentido en el cálculo para la totalidad del sistema trifásico y no para operaciones por fase ( $VA_A$ ).

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $VA_D$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 0,740 * 10^3 \text{ W.}$$

$$Q = 0,2158 * 10^3 VA_R.$$

$$P_{\text{ASIMETRÍA}_T} = 0 VA_A.$$



$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0,1979 * 10^3 \text{ VA}_D.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 0,7958 * 10^3 \text{ VA}.$$

- Potencia aparente de Buchholz trifásica.

$$S = \sqrt{\left( (V_{F\_R})^2 + (V_{F\_S})^2 + (V_{F\_T})^2 \right) * \left( (I_{\text{RMS\_R}})^2 + (I_{\text{RMS\_S}})^2 + (I_{\text{RMS\_T}})^2 \right)} \quad (2.7.4.45)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

$V_{F\_R}$  = Tensión de servicio o de fase R (V).

$V_{F\_S}$  = Tensión de servicio o de fase S (V).

$V_{F\_T}$  = Tensión de servicio o de fase T (V).

$I_{\text{RMS\_R}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_R}}$  (A).

$I_{\text{RMS\_S}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_S}}$  (A).

$I_{\text{RMS\_T}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T}}$  (A).

- Potencia aparente de Buchholz monofásica.

$$S = \sqrt{\left( (V_{F\_T})^2 \right) * \left( (I_{\text{RMS\_T}})^2 \right)} \quad (2.7.4.46)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

$V_{F\_T}$  = Tensión de servicio o de fase T (V).

$I_{\text{RMS\_T}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T}}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_{F\_T} = 230,94 \text{ V}.$$

$$I_{\text{RMS\_T}} = 3,34 \text{ A}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 0,7713 * 10^3 \text{ VA}.$$

- **La Eficiencia** es la relación entre la potencia efectiva y la potencia aparente.

- Eficiencia.

$$E = \frac{P}{S} * 100 \quad (2.7.4.47)$$

En donde:

E = Eficiencia (%).

P = Potencia activa (W).

S = Potencia aparente (VA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 0,740 * 10^3 \text{ W.}$$

$$S = 0,7958 * 10^3 \text{ VA.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 92,9882 \text{ \%}.$$

- **La Capacidad de los condensadores del filtro de absorción** encargados de eliminar las corrientes armónicas y de reducir al mínimo la corriente reactiva.

El valor de los condensadores se determina para que cubra una cantidad específica de potencia reactiva calculada en una fase anterior del proyecto.

La obtención de la capacidad del condensador será en base a la mayor potencia reactiva de compensación admisible por la instalación.

Esta potencia se reparte de manera equilibrada entre los tres condensadores y, esto nos definirá un valor de capacidad para cada uno de los condensadores.

- Capacidad de los condensadores trifásicos.

$$C_N = \frac{\left(\frac{Q}{3}\right) * ((N)^2 - 1)}{(2 * \pi * (N * f)) * (V_L)^2 * (N)^2} \quad (2.7.4.48)$$

En donde:

$C_N$  = Capacidad de los condensadores según el armónico a eliminar (F).

Q = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

N = Orden del armónico a eliminar.

f = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Capacidad de los condensadores monofásicos.

$$C_N = \frac{\left(\frac{Q}{3}\right) * ((N)^2 - 1)}{(2 * \pi * (N * f)) * (V_F)^2 * (N)^2} \quad (2.7.4.49)$$

En donde:

$C_N$  = Capacidad de los condensadores según el armónico a eliminar (F).

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$N$  = Orden del armónico a eliminar.

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

○ **Tercer armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q = 0,2158 * 10^3 VA_R.$$

$$N = 3.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_3 = 1,2721 * 10^{-6} \text{ F.}$$

○ **Quinto armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q = 0,2158 * 10^3 VA_R.$$

$$N = 5.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_5 = 0,8243 * 10^{-6} \text{ F.}$$

○ **Séptimo armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q = 0,2158 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$N = 7.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_7 = 0,6008 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- **La Inductancia de la bobina** se calculará a partir de las condiciones de resonancia a la frecuencia de sintonización.

Por lo tanto, el valor de la inductancia estará determinada en función del condensador que acompañe, para evitar así que no se presenta resonancia paralela en el sistema eléctrico al instalar el filtro obtenido.

- Inductancia de la bobina.

$$L_N = \frac{1}{(2 * \pi * (N * f))^2 * (C_N)} \quad (2.7.4.50)$$

En donde:

$L_N$  = Inductancia de la bobina (H).

$N$  = Orden del armónico a eliminar.

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$C_N$  = Capacidad de los condensadores según el armónico a eliminar (F).

#### ○ **Tercer armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N = 3.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$C_3 = 1,2721 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_3 = 0,8850 \text{ H.}$$

#### ○ **Quinto armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N = 5.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$C_5 = 0,8243 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_5 = 0,4917 \text{ H.}$$

○ **Séptimo armónico.**

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N = 7.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$C_7 = 0,6008 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_7 = 0,3442 \text{ H.}$$

- **La Intensidad compensada** será la intensidad a frecuencia fundamental considerando el factor de potencia nuevo y el inicial.

Esta intensidad coincidirá con la nueva corriente de valor eficaz total, RMS.

- Intensidad compensada.

$$I_{1\_COMPENSADA} = I_1 * \frac{\cos(\phi)}{\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}} \quad (2.7.4.51)$$

En donde:

$I_{1\_COMPENSADA}$  = Intensidad compensada del primer armónico (A).

$I_1$  = Intensidad del primer armónico (A).

$\cos(\phi)$  = Factor de potencia inicial de los receptores.

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_1 = 3,226 \text{ A.}$$

$$\cos(\phi) = 0,96.$$

$$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}} = 1,00.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{1\_COMPENSADA} = 3,0970 \text{ A.}$$

- **La Potencia activa** es la encargada de transformar la energía activa en trabajo útil.
- Potencia activa monofásica.

$$P = V_F * I_{1\_COMPENSADA} * \cos(\phi)_{\text{NUEVO}} \quad (2.7.4.52)$$

En donde:

P = Potencia activa (W).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{1\_COMPENSADA}$  = Intensidad compensada del primer armónico (A).

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \text{ V.}$$

$$I_{1\_COMPENSADA} = 3,0970 \text{ A.}$$

$$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}} = 1,00.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P = 0,715 * 10^3 \text{ W.}$$

- **La Potencia perdida por efecto Joule** es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.
- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{\text{PERDIDA}} = n * (I_{1\_COMPENSADA})^2 * R_{\text{LA\_3.4.3\_JOULE}} \quad (2.7.4.53)$$

En donde:

$P_{\text{PERDIDA}}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

n = Número de fases activas.

$I_{1\_COMPENSADA}$  = Intensidad compensada del primer armónico (A).

$R_{\text{LA\_3.4.3\_JOULE}}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.4.3 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$n = 1.$$

$$I_{1\_COMPENSADA} = 3,0970 \text{ A.}$$

$$R_{LA\_3.4.3\_JOULE} = 0,2620 \, \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{PERDIDA} = 0,0025 * 10^3 \, W.$$

- **La Potencia reactiva** no se consume ni se genera en el sentido estricto (el uso de los términos "potencia reactiva generada" y/o "potencia reactiva consumida" es una convención) y en circuitos lineales solo aparece cuando existen bobinas o condensadores. Por lo tanto, es la potencia debida al desfase entre la Tensión y la Intensidad según la naturaleza de las cargas.

- Potencia reactiva monofásica.

$$Q = V_F * I_{1\_COMPENSADA} * \sin(\phi)_{NUEVO} \quad (2.7.4.54)$$

En donde:

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_F$  = Tensión de servicio o de fase (V).

$I_{1\_COMPENSADA}$  = Intensidad compensada del primer armónico (A).

$\sin(\phi)_{NUEVO}$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_F = 230,94 \, V.$$

$$I_{1\_COMPENSADA} = 3,0970 \, A.$$

$$\sin(\phi)_{NUEVO} = 0.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = 0 \, VA_R.$$

- **La Potencia de asimetría** es la potencia debida a los desequilibrios de módulo y ángulo de las componentes fasoriales.

- Potencia de asimetría trifásica.

$$P_{ASIMETRÍA} = \sqrt{3} * V_{LD} * \sqrt{(I_{RMS\_T\_INVERSA})^2 + (I_{RMS\_T\_HOMOPOLAR})^2} \quad (2.7.4.41)$$

En donde:

$P_{ASIMETRÍA}$  = Potencia de asimetría ( $VA_A$ ).

$V_{LD}$  = Tensión de servicio o de línea directa, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al

suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa (V).

$I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}}$  (A).

$I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}}$  (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{\text{LD}} = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{RMS\_T\_INVERSA}} = 0,094 \text{ A}$ .

$I_{\text{RMS\_T\_HOMOPOLAR}} = 0,094 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0,09210 \cdot 10^3 \text{ VA}_A$ .

- **La Potencia de distorsión** es la potencia debida a las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.
- Potencia de distorsión monofásica.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = V_{1F} \cdot RA \quad (2.7.4.43)$$

En donde:

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $\text{VA}_D$ ).

$V_{1F}$  = Tensión de servicio o de fase directa a frecuencia fundamental, coincide con la tensión de fase ( $V_F$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa y lineal (V).

$RA$  = Residuo armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{1F} = 230,94 \text{ V}$ .

$RA = 0 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0 \text{ VA}_D$ .

- **La Potencia aparente** es la potencia que relaciona todas las cargas (útiles, desfasadas, desequilibradas y distorsionadas) para unificarlas en un único valor.
- Potencia aparente.

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2 + (P_{\text{ASIMETRÍA}})^2 + (P_{\text{DISTORSIÓN}})^2} \quad (2.7.4.44)$$



En donde:

$S$  = Potencia aparente (VA).

$P$  = Potencia activa (W).

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$P_{ASIMETRÍA}$  = Potencia de asimetría tiene sentido en el cálculo para la totalidad del sistema trifásico y no para operaciones por fase ( $VA_A$ ).

$P_{DISTORSIÓN}$  = Potencia de distorsión ( $VA_D$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 0,715 * 10^3 \text{ W.}$$

$$Q = 0 \text{ } VA_R.$$

$$P_{ASIMETRÍA\_T} = 0 \text{ } VA_A.$$

$$P_{DISTORSIÓN} = 0 \text{ } VA_D.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 0,715 * 10^3 \text{ VA.}$$

- **La Eficiencia** es la relación entre la potencia efectiva y la potencia aparente.

- Eficiencia.

$$E = \frac{P}{S} * 100 \quad (2.7.4.47)$$

En donde:

$E$  = Eficiencia (%).

$P$  = Potencia activa (W).

$S$  = Potencia aparente (VA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 0,715 * 10^3 \text{ W.}$$

$$S = 0,715 * 10^3 \text{ VA.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 100 \text{ } \%$$

### 2.7.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjuntan los documentos utilizados para el diseño de la Red de Distribución en Alumbrado Público con Armónicos.







































El **primer documento** es un resumen de los resultados finales generados con el software Matlab R2015a para el cálculo de la línea de distribución de MT L 9.







































Esta línea de alimentación enlaza el Centro de Transformación 3 con el Centro de Seccionamiento (L 9).







































Este ejemplo lo utilizaremos como muestra de los cambios presentes en las líneas de distribución de MT si consideramos los armónicos de corriente antes de instalar el filtro de absorción, el cual permite compensar la corriente generada por los armónicos característicos de la red de distribución en alumbrado público.





















El **segundo archivo** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de carga del Alumbrado Público con Armónicos Compensados cuando instalamos el filtro de absorción.

La previsión de carga del alumbrado público con armónicos permite calcular las características eléctricas más relevantes de los conductores de alimentación de las 122 luminarias, situadas en el polígono industrial objeto del presente proyecto de ejecución.

Name 	Value
 angulo_l1	-0.5106
 angulo_punto_1_grados	29.4054
 angulo_punto_1_rad	0.5132
 angulo_regulacion_grados	0.1503
 angulo_regulacion_rad	0.0026
 angulo_V1	0.0026
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.9045e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.5801
 DeltaV	0.7339
 DeltaV_momento	0.7545
 DeltaV_momento_fabricante	0.8701
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.1860
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.4199
 fp	0.8500
 fp_alumbrado	0.9600
 fp_naves	0.8500
 l1	75.8710-42.4987i
 l1_comprobacion	75.8710-42.4987i
 l1_modulo	86.9629
 l2	75.8767-47.0241i
 l2_modulo	89.2667
 lc	-0.0057+4.5255i
 lc1	44.6333+0.0000i
 lc2	-22.3167-38.6536i
 lc3	-22.3167+38.6536i

Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>44.6333</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.5326
 LambdaR1	0.0107
 LambdaR2	0.0107
 LambdaS1	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaS2	-0.0053 - 0.0092i
 LambdaT1	-0.0053 + 0.0092i
 LambdaT2	-0.0053 + 0.0092i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	2628445
 P1	2.6438e+06
 P2	2628445
 Pcarga	2628445
 <b>Pcarga_alumbrado</b>	<b>8205</b>
 <b>Pcarga_alumbrado_VA</b>	<b>8.5469e+03</b>
 Pcarga_naves	2620240
 Pcarga_naves_VA	3.0826e+06
 Pcarga_VA	3.0923e+06
 <b>Pmax</b>	<b>1.4083e+07</b>
 Q1	1.4900e+06
 Q2	1.6290e+06
 r	0.0140
 R	0.6583
 R1R1	201.6846

Name 	Value
 R1R2	61.8749
 R1S1	-7.4186e+01-1.2849e+02i
 R1S2	-30.9375-53.5853i
 R1T1	-7.4186e+01+1.2849e+02i
 R1T2	-30.9375+53.5853i
 Req	0.0592
 Rk_momento	0.4745
 RI_2	0.3291
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	3.0348e+06
 S2	3.0923e+06
 Sk_momento	59.5615
 <b>tcc</b>	<b>1.7244</b>
 tcc_fabricante	1.7244
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	31.7883
 theta_i	28.2822
 theta_o	25
 theta_rad	0.5548
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1632e+04+3.0510e+01i
 V1_comprobacion	1.1632e+04+3.0510e+01i
 V1_comprobacion_linea	2.0148e+04+5.2846e+01i
 V1_linea	2.0148e+04+5.2846e+01i
 V1_linea_modulo	2.0148e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1591e+04+1.4512e+01i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.5612e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.5612e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-6.9475e+02i
 Xc_modulo	2.5612e+03
 Xc_modulo_fabricante	694.7474
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7905i
 XI_2	0.0000 + 0.3952i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0743i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7905
 XI_modulo_fabricante	1.0743
 XI_rmg	0.0000 + 0.3952i
 XI_rmg_modulo	0.3952
 ZI_2	0.3291 + 0.3952i

PREVISIÓN DE CARGA ALUMBRADO CON ARMÓNICOS																			
DERIVACIÓN INDIVIDUAL		CT 5				CT 6				CT 3				CT 4				MEDIA TENSIÓN	
CPM		1				2				3				4					
FASES		R	S	T	RST	R	S	T	RST	R	S	T	RST	R	S	T	RST		
LUMINARIAS		Número	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	11	31	10	10	11	31	122
		Potencia Activa (Kw)	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
		Tensión (V)	230,94	230,94	230,94	400	230,94	230,94	230,94	400	230,94	230,94	230,94	400	230,94	230,94	230,94	400	20000
CARGA	INICIAL	Potencia Activa (Kw)	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,715	2,015	0,650	0,650	0,715	2,015	7,930
		Potencia Aparente (Kva)	0,677	0,677	0,677	2,031	0,677	0,677	0,677	2,031	0,677	0,677	0,745	2,099	0,677	0,677	0,745	2,099	8,260
		cosφ	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
		Ternos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
		Intensidad (A)	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	3,23	3,03	2,93	2,93	3,23	3,03	0,12
		Intensidad cálculo (A)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
		Longitud (m)	330,47	342,47	354,47	13,79	321,25	333,25	345,25	13,84	342,76	354,76	366,76	14,97	344,37	356,37	368,37	14,98	10532,60
		Cdt Máxima (%)	1,50	1,50	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	1,40	5
		Sección Cálculo (mm²)	20,44	21,18	21,93	0,46	19,87	20,61	21,36	0,46	21,20	21,95	22,69	0,50	21,30	22,04	22,79	0,50	3,09
		Sección Real (mm²)	25	25	25	35	25	25	25	35	25	25	25	35	25	25	25	35	240
		Cdt Real (%)	1,227	1,271	1,316	0,018	1,192	1,237	1,281	0,018	1,272	1,317	1,361	0,020	1,278	1,323	1,367	0,020	0,064
		Resistencia (Ω)	0,236	0,245	0,253	0,007	0,229	0,238	0,247	0,007	0,245	0,253	0,262	0,008	0,246	0,255	0,263	0,008	0,620
		Potencia Perdida (Kw)	0,00203	0,00210	0,00218	0,00018	0,00197	0,00205	0,00212	0,00018	0,00210	0,00218	0,00272	0,00021	0,00211	0,00219	0,00274	0,00021	0,00011
		Potencia Reactiva (Kva)	0,190	0,190	0,190	0,569	0,190	0,190	0,190	0,569	0,190	0,190	0,209	0,588	0,190	0,190	0,209	0,588	2,313
	ARMÓNICOS SIN COMPENSAR	I1 (A) (100%)	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	3,23	3,03	2,93	2,93	3,23	3,03	0,12
		I3 (A) (23,11%)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,75	0,70	0,68	0,68	0,75	0,70	0,03
		I5 (A) (9,86%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,32	0,30	0,29	0,29	0,32	0,30	0,01
		I7 (A) (8,60%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28	0,26	0,25	0,25	0,28	0,26	0,01
		Irms (A)	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,34	3,13	3,03	3,03	3,34	3,13	0,12
		RA (A)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,86	0,80	0,78	0,78	0,86	0,80	0,03
		THDi (%)	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56
		Potencia Activa (Kw)	0,673	0,673	0,673	2,018	0,673	0,673	0,673	2,018	0,673	0,673	0,740	2,085	0,673	0,673	0,740	2,085	8,205
		Potencia Perdida (Kw)	0,00217	0,00225	0,00233	0,00019	0,00211	0,00219	0,00227	0,00019	0,00225	0,00233	0,00292	0,00023	0,00226	0,00234	0,00293	0,00023	0,00011
		Potencia Reactiva (Kva)	0,196	0,196	0,196	0,588	0,196	0,196	0,196	0,588	0,196	0,196	0,216	0,608	0,196	0,196	0,216	0,608	2,393
		Potencia Asimetría (Kva)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,101	0,000	0,000	0,000	0,101	0,202
		Potencia Distorsión (Kva)	0,180	0,180	0,180	0,539	0,180	0,180	0,180	0,539	0,180	0,180	0,198	0,557	0,180	0,180	0,198	0,557	2,194
		Potencia Aparente (Kva)	0,723	0,723	0,723	2,170	0,723	0,723	0,723	2,170	0,723	0,723	0,796	2,244	0,723	0,723	0,796	2,244	8,826
		Eficiencia (%)	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,986	92,892	92,986	92,986	92,986	92,892	92,962
	FILTRO ARMÓNICO	C3 (µF)	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,272	1,195	1,156	1,156	1,272	1,195	0,00188
		C5 (µF)	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,824	0,774	0,749	0,749	0,824	0,774	0,00122
		C7 (µF)	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,601	0,564	0,546	0,546	0,601	0,564	0,00089
		L3 (H)	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,885	0,942	0,974	0,974	0,885	0,942	598,555
		L5 (H)	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,541	0,492	0,523	0,541	0,541	0,492	0,523	332,531
		L7 (H)	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,344	0,366	0,379	0,379	0,344	0,366	232,771
	ARMÓNICOS COMPENSADOS	cosφ nuevo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		I1 compensada (A)	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	2,815	3,096	2,908	2,815	2,815	3,096	2,908	0,114
		Potencia Activa (Kw)	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,715	2,015	0,650	0,650	0,715	2,015	7,930
		Potencia Perdida (Kw)	0,00187	0,00194	0,00201	0,00017	0,00182	0,00189	0,00195	0,00017	0,00194	0,00201	0,00251	0,00019	0,00195	0,00202	0,00252	0,00019	0,00010
		Potencia Reactiva (Kva)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		Potencia Asimetría (Kva)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,092	0,000	0,000	0,000	0,092	0,184
		Potencia Distorsión (Kva)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		Potencia Aparente (Kva)	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,650	1,950	0,650	0,650	0,715	2,017	0,650	0,650	0,715	2,017	7,932
		Eficiencia (%)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	99,896	100,000	100,000	100,000	99,896	99,973

Tabla 2.7.5.1 – Previsión de carga alumbrado con armónicos

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**



**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS**

	Páginas
2.8 ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	526
2.8.1 Objeto .....	526
2.8.2 Alcance .....	526
2.8.3 Descripción de la instalación .....	527
2.8.4 Cálculos .....	530
2.8.5 Resultados finales .....	581

## **2.8 ANEXO 8: PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS**

El anexo 8 indica el análisis, cuantificación y mejoras de las Pérdidas en las Líneas Eléctricas de la Red de Distribución en Media y Baja Tensión, añadiendo las normas, fórmulas, cálculos y métodos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

### **2.8.1 Objeto**

El objeto del presente anexo es servir para el diseño de los elementos que mitigan o eliminan las Pérdidas en las Líneas Eléctricas de la Red de Distribución en Media y Baja Tensión. Se realizarán las justificaciones necesarias basadas en las condiciones técnicas y, métodos físicos – matemáticos, que nos permiten cumplir con la normativa vigente para este tipo de instalaciones eléctricas.

### **2.8.2 Alcance**

El alcance del presente anexo son las Pérdidas en las Líneas Eléctricas del polígono industrial Ártabro.

La Red de Distribución en Media y Baja Tensión se proyectan de forma que se eliminarán las pérdidas por efecto Joule más importantes en la instalación eléctrica y, directamente relacionadas con los consumos eléctricos, la calidad y eficiencia energética.

Las pérdidas en las líneas eléctricas de la red de alumbrado público se cuantificaron en el anexo 7, Armónicos en la Red de Distribución de Alumbrado Público, por lo tanto, se calcularon en una fase anterior del proyecto y, se procedió a mitigarlas con la instalación de los filtros de absorción, además de eliminar los armónicos de corriente.

Una vez conocidas las pérdidas por efecto Joule en la Red de Distribución de MT y BT, debidas a los conductores que alimentan las naves industriales, se procederá a diseñar la batería de condensadores para reducir al mínimo el consumo de potencia reactiva.

Un aspecto fundamental de la calidad y eficiencia energética consiste en generar y transportar al máximo energía activa que produce trabajo útil.

El esquema sobre la parte de la instalación donde debemos conectar la batería de condensadores en la Red de Distribución en Media Tensión se representa en el plano Unifilar Media Tensión, número 14. El esquema eléctrico se ajustará a la normativa vigente en el correspondiente Proyecto de Urbanización.

La línea de distribución en MT que alimenta la batería de condensadores es propiedad del Ayuntamiento de Narón y, una vez ejecutadas las obras de instalación, se procederá a cederlas a la compañía suministradora, UFD, por lo tanto, el diseño de la batería de condensadores forma parte del presente proyecto, aunque su mantenimiento y

modificaciones será responsabilidad del suministrador que presta dicho servicio eléctrico después de realizar la mencionada cesión por parte del Ayuntamiento de Narón.

El suministrador que presta dicho servicio eléctrico será responsable de mantener una calidad y fiabilidad del suministro de la energía eléctrica.

### **2.8.3 Descripción de la instalación**

La compensación de la Energía Reactiva se realiza mediante la instalación en la red eléctrica de baterías de condensadores eléctricos, los cuales generan cargas capacitivas que contrarrestan las pérdidas reactivas de la instalación.

Por lo tanto, la mejora de las pérdidas en las líneas eléctricas la conseguimos con la instalación de una batería de condensadores.

La alternativa más relevante que se tuvo en cuenta en el diseño fue dónde instalar la batería de condensadores, se decidió situarlas en la red de MT en vez de la de BT por que la inversión económica y la reserva de espacio sería mucho menor para conseguir el mismo objetivo.

Se desecha la opción de la instalación en la parte de BT por que, debido al elevado consumo de potencia reactiva, sería necesario como mínimo a instalar una batería de condensadores por cada CT, por lo tanto, habría que adquirir por lo menos de 4 a 8 baterías de condensadores para compensar la misma potencia.

Esta opción aumentaría el coste y la reserva de espacio para alojar todos elementos que componen cada módulo, en comparación con la opción elegida de situarla en la parte de la línea de MT.

Esta configuración reduce en gran medida el tamaño de los condensadores porque el funcionamiento sería a una tensión de servicio trifásica de 20 kV en vez de 400 V.

Las baterías automáticas de condensadores de Media Tensión están normalmente destinadas a la compensación de energía reactiva en aquellas aplicaciones en la que los niveles de potencia de red de Media Tensión sean variables.

Además, como se hizo con el caso de los filtros armónicos de absorción en la red de alumbrado, se podrían adquirir tan solo los elementos necesarios: condensadores monofásicos; reactancias de choque; y filtros armónicos de rechazo.

Se decide instalar una batería de condensadores de 1.964,89 kVar a 7,7 kV conectada en estrella en la red de MT, ya que esta configuración permite instalar un módulo para los dos ternos de conductores en la cabecera de la instalación en el interior del CT 1, para así, lograr compensar toda la potencia reactiva con un factor de potencia igual a 1.

Se opta por el diseño de la batería de condensares a medida por parte del fabricante Circutor, para así, adaptarse mejor a las necesidades de la instalación eléctrica objeto de este Proyecto de ejecución.

La configuración adoptada para la batería de condensadores será de doble estrella con neutro aislado y, cada fase estará constituida por dos condensadores en paralelo, por lo tanto, el número total de condensadores a instalar será de 6.

Se prevé que la batería de condensares esté compuesta por 6 escalones: 3 condensadores monofásicos de 150 kVAR y 3 condensadores monofásicos de 500 kVAR.

Si la opción del fabricante no fuera la adecuada, los condensadores necesarios que debemos adquirir son 3 condensadores en estrella de 12,922  $\mu\text{F}$  con tensión trifásica de funcionamiento de 20 kV en corriente alterna u opción de diseño equivalente.

Las baterías de condensadores de Media Tensión necesitan protecciones contra cortocircuitos, debido a fallo interno, mediante fusibles con indicadores de fusión o con interruptores de corte asociado a un relé de desequilibrio en baterías de doble estrella colocado en la unión de los puntos neutros.

La protección de desequilibrio se alimentará a través de un transformador de intensidad conectado entre los neutros de las dos estrellas de la batería.

Se realizarán mediciones de las series con todos sus elementos, y eliminando elementos hasta que la sobretensión a que queda sometida sea del 10 %.

En la puesta en servicio, se vigilará la corriente residual entre los neutros para detectar el desequilibrio.

Los bancos automáticos en una o más etapas, con condensadores trifásicos, operados con contactores de vacío poseen base portafusibles ACR integrada.

Los bancos de tensiones superiores se instalan con condensadores monofásicos en estrella simple o doble, maniobra por interruptores de vacío o combinación de llaves de vacío y fusibles de alto poder de corte, seccionamiento y puesta a tierra, reactancias limitadoras de corrientes de conexión, transformadores de medida, relés de protección y otros accesorios de acuerdo con requerimientos de cada proyecto en particular.

Los condensadores de alta tensión modernos son sometidos a muy altos requerimientos de aislamiento.

Un condensador está formado por varias unidades de condensadores o elementos condensador, y la finalidad de una protección interna adecuada de los condensadores es desconectar, ante un posible fallo, la unidad defectuosa, antes de que se produzcan consecuencias peligrosas, reduciendo así los posibles efectos secundarios del fallo.

La Norma IEC 60871-4 se aplica a los fusibles internos que están diseñados para aislar los elementos con falta de un condensador, con el propósito de permitir la operación de las restantes partes de esta unidad de condensador y de la batería en la que la unidad está conectada.

Estos fusibles no son un sustituto de un aparato de conmutación como un interruptor automático o de una protección externa de la batería de condensadores.

En caso de defecto en un elemento capacitivo básico, se produce una descarga de los elementos sanos en paralelo sobre el averiado. Esta descarga provoca la fusión inmediata del fusible interno de la unidad dañada, permitiendo así la continuidad de servicio del resto del equipo.

La conexión de baterías de condensadores lleva asociado transitorios de tensión y corriente elevados, por eso tiene una gran importancia la instalación de reactancias de choque para baterías de condensadores de MT.

La Norma internacional IEC 60871-1 define el valor máximo que una batería de condensadores es capaz de soportar como valor de pico de conexión. Este valor de pico debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.

Dicha corriente transitoria que aparece en la conexión proviene básicamente por parte de la red y de otras baterías de condensadores conectadas en paralelo.

El valor de la inductancia es variable en función de las condiciones de la instalación, dependiendo básicamente de los siguientes parámetros:

- Poder de cortocircuito de la instalación.
- Existencia de más baterías de condensadores o escalones en paralelo.

En el caso concreto de las baterías de condensadores para la corrección del factor de potencia son más perjudiciales los armónicos de secuencia negativa, y fundamentalmente el 5°.

Los armónicos de orden 5 y 7 superiores al 40 %, perturban baterías de condensadores y receptores sensibles.

Los conductores de distribución en MT de la batería de condensadores están compuestos por 2 ternos de 240 mm<sup>2</sup> para permitir ampliaciones futuras en el consumo eléctrico de los abonados de las naves industriales, además esta disposición garantizaría el suministro eléctrico a las parcelas ante cualquier fallo en uno de los ternos, ya que por diseño la red de distribución está sobredimensionada, permitiendo que un terno sea capaz de soportar

el consumo eléctrico de potencia reactiva de todo el polígono industrial en caso de avería en la red de suministro.

A pesar del inconveniente que presenta un mayor coste de la instalación el uso de 2 ternos en vez de 1, los beneficios son mayores respecto a fiabilidad del servicio o cambios en la demanda eléctrica.

El conductor elegido es el HEPRZ1 12/20 kV, utilizado por la norma Iberdrola. La razón de esta elección se basa principalmente en la temperatura máxima del conductor de 105 °C, que mejora considerablemente los fijados por la norma Gas Natural Fenosa con el conductor RHZ1-20L 12/20 kV que posee una temperatura máxima del conductor de 90 °C. A pesar de que el coste se incrementa con el conductor elegido, prevaleció la opción de seguridad y prestaciones por encima del valor económico.

La línea de distribución de MT de la batería de condensadores está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de 240 mm<sup>2</sup> en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV, normalizado por Iberdrola, mientras que la tensión (línea) de servicio son 20 kV en distribución trifásica.

#### 2.8.4 Cálculos

La **hipótesis de partida** son las normas que se tiene en cuenta para conseguir los niveles mínimos de carácter técnico según la normativa vigente aplicable en fase de diseño del proyecto, respecto a instalaciones eléctricas en polígonos industriales para análisis, cuantificación y mejoras de las Pérdidas en las Líneas Eléctricas de la Red de Distribución en Media y Baja Tensión.

En la elaboración de los cálculos se utilizaron las normas descritas en el apartado 1.10.1, disposiciones legales y normas aplicadas; y las indicadas en el punto 1.12, requisitos de diseño, del presente proyecto.

Las normas eléctricas o criterios definitorios más importantes que habrá que tener en cuenta en cada fase de ejecución del presente proyecto son:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.

- Apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, 2019. Grado en Ingeniería Eléctrica: código 770G02040.
- CIRCUTOR. Soluciones para la compensación de energía reactiva en Media Tensión: tecnología para la eficiencia energética [en línea].

[http://circutor.com/docs/MitjaTensio\\_SP\\_Cat.pdf](http://circutor.com/docs/MitjaTensio_SP_Cat.pdf)

Los **datos de partida** más relevantes para tener en cuenta son los enumerados a continuación:

- Como punto de partida de los cálculos eléctricos se fija en la Red de Distribución de Baja Tensión diseñada en una fase anterior.
- Las pérdidas en las líneas eléctricas de Media y Baja Tensión se cuantificarán por efecto Joule, fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor (pérdidas parciales), y por el Método en T (pérdidas totales).
- La tensión nominal o de servicio en MT será de 20 kV y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- La tensión nominal o de servicio en BT será de 400/230,94 V y 50 Hz según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, UFD.
- El cálculo de la línea de distribución en MT desde el interior del Centro de Transformación 1 hasta la batería de condensadores será responsabilidad del proyectista según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora y la ITC 20 del RAT, además de las consideraciones técnicas a tener en cuenta que se indican en otros apartados en el mencionado RAT o en el RLAT.
- La previsión de cargas se realizará de acuerdo con la ITC-BT 10 en su apartado 4.2, Edificios destinados a concentración de industrias, “se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1”.
- El factor de simultaneidad de la batería de condensadores será 1 porque según ITC-BT-10 la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).
- El factor de utilización será 1 para la batería de condensadores por considerar que puede entrar en funcionamiento en cualquier situación que tengamos consumo de potencia reactiva.
- La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido según ITC-BT-14 y de sección superior aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación

objeto del proyecto. La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-10.

- La potencia máxima instalada es 2.620,24 kW (3.082,64 kVA) según se indica en los cálculos descritos en varias tablas eléctricas del presente proyecto.
- La potencia máxima admitida dependerá de la suma de las potencias previstas por diseño en los 8 CT de 400 kVA y, condicionadas por el del calibre de los interruptores de línea, IM, de 400 A que están instalados en cada uno de los CT del presente proyecto, por lo tanto, la instalación eléctrica soporta una potencia máxima admitida de 3200 kVA.
- La caída de tensión máxima admisible es de 5 % para MT, como es el caso de la batería de condensadores, según las indicaciones de la empresa suministradora UFD por no existir normativa aplicable en este aspecto para este tipo de redes de distribución.
- Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en BT, como es el caso de este proyecto para las líneas de distribución de las naves industriales, no existe línea general de alimentación y su caída de tensión máxima admisible es de 1,5 % según la ITC-BT-15.

La derivación individual y la línea general de alimentación es el mismo conductor.

- La línea de distribución de MT para la batería de condensadores está compuesta por un circuito dúplex, dos conductores por fase, con una sección de 240 mm<sup>2</sup> en una distribución trifásica de cables de Aluminio con aislamiento de la cubierta en HEPRZ1 12/20 kV.
- La sección de los conductores de MT se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados en MT, como es el caso de la distribución utilizada para la batería de condensadores, la línea de distribución cumplirá lo que se indica en: las tablas de los fabricantes Prysmian y General Cable; las tablas de la ITC-LAT 06 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.
- El diámetro de los tubos para la línea de distribución de MT se calculará utilizando: normas particulares de UFD para Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV; proyecto tipo de UFD para líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.



- La sección de la derivación individual o la línea general de alimentación para el caso de un solo usuario en BT será de 3 unipolares con superficie de fase según la tabla 5 de la ITC-BT-07 y, relacionada con la intensidad máxima admisible obtenida en el cálculo de la previsión de cargas en conductores de cobre en instalación enterrada.

La sección del conductor neutro se indican en la tabla 1 de la ITC-BT-07 y la tabla 1 de la ITC-BT-08 y en función del conductor de fase.

La sección del conductor de protección se fija en la tabla 2 de la ITC-BT-19 en función del conductor de fase.

- Los cables de la instalación interior de BT serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados de BT, como es nuestro caso en las líneas de distribución desde los CT hasta las CGP, el aislamiento de los conductores será XLPE de tensión asignada 0,6/1 kV.

- La sección de los conductores en BT se hará teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible y características de la instalación indicadas en: la tabla del fabricante General Cable; las tablas de la ITC-BT-07 de conductores subterráneos; normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT; proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de BT.
- Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados en BT, como es el caso del presente proyecto en las acometidas de las naves industriales, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, además de lo fijado en la instrucción ITC-BT-15.
- El diámetro de los tubos para la derivación individual en BT se calculará utilizando la tabla 1 de la ITC-BT-14 y, la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, mientras que la instalación interior desde la CPM seguirá la tabla 9 ITC-BT-21 (alumbrado público).
- El presente proyecto implementará un sistema de régimen de neutro de conexión TN-S según las medidas descritas en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24, además de las consideraciones técnicas a tener en cuenta que se indican en instrucciones técnicas complementarias del RAT o el RLAT.

En los esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección tendrán una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser

necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra.

- El factor de potencia una vez instalada la batería de condensadores será 1 en el conjunto de la Red de Distribución de Media y Baja Tensión.
- El factor de potencia de la Red de Distribución de Alumbrado Público no será necesario corregirlo, ya que su valor es 1 después de la instalación de los filtros de absorción para armónicos en una fase anterior del presente proyecto.
- Existirá selectividad entre calibre de los dispositivos generales de mando y protección aguas arriba respecto los cálculos hechos aguas abajo de la instalación objeto del proyecto.
- El calibre de los dispositivos generales de mando y protección será un valor inferior a la intensidad admisible que soporten los conductores según las tablas descritas por la normativa vigente para este tipo de instalaciones de MT y BT.
- La conductividad del conductor de aluminio en MT a efectos de cálculo será  $35,3807 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- La conductividad del conductor de cobre en BT a efectos de cálculo será aproximadamente  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , valor sacado como inversa de la resistividad aplicando el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07.
- La protección contra cortocircuitos tiene que asegurar que los dispositivos generales de mando y protección tengan un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, donde la resistencia considerada sea la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor seccionador, IS, de la batería de condensadores y ese mismo punto.

El poder de corte de los dispositivos generales de mando y protección dependen del calibre de los interruptores de corte omnipolar, según las familias de diseño contenidas en los catálogos de los distintos fabricantes y la normativa vigente aplicada para este tipo de instalaciones de MT.

El **método de cálculo** empleado fue la utilización de la aplicación de software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 como se indica en el apartado 1.10.3, programas de cálculo, junto las fórmulas normalizadas por el RBT, el RAT, el RLAT, la empresa suministradora UFD y el catálogo del fabricante Circutor.

A efectos de cálculo se seguirán los siguientes pasos como criterio general:

- Se empezará a calcular la intensidad de los receptores aguas abajo en el punto más alejado del cuadro principal de BT, el Centro de Seccionamiento o el Centro de Transformación según el caso particular a estudio, que determinará, junto con la sección de los conductores, el calibre de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección si procede.

Una vez calculada la intensidad se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, el interruptor seccionador del CS o los interruptores de línea de los CT según el caso particular analizado.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Seguidamente y en paralelo con el cálculo de la intensidad, se calculará la sección mínima que soporta cada línea de alimentación o circuito.

Se tendrá en cuenta que la intensidad calculada en el paso anterior habrá que aproximarla superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección normalizados después de aplicar los coeficientes necesarios, según la existencia o no de motores, lámparas de descarga, factor de simultaneidad, factor de utilización, canalización subterránea o aérea, etc.

- Para el cálculo de la sección mínima en cada línea de alimentación desde el punto más alejado de la instalación, tiene una especial relevancia utilizar la intensidad normalizada en el punto anterior, la caída de tensión máxima según el RBT y consideraciones establecidas por UFD en función de los receptores a alimentar, longitud de los conductores, tensión nominal de suministro y de línea, conductividad del material empleado como conductor ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el cobre y  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  en el aluminio) y la potencia en voltiamperios.

Las fórmulas de receptores monofásicos y trifásicos difieren en algún aspecto como es el caso del número de fases activas, la tensión de línea y de fase, etc.

- Una vez conocida la sección mínima procedemos a escoger la sección normalizada inmediatamente superior, y comprobar, en las tablas de los fabricantes para el tipo de conductor subterráneo utilizado, junto con la tabla de la ITC-BT-07, si tenemos necesariamente una intensidad admisible superior a la calculada en el punto primero.

A continuación, comprobaremos aguas abajo cual es la sección inmediatamente inferior, para elegir una superficie del conductor como mínimo una escala superior normalizada a fin de mantener la uniformidad en toda la instalación.

Una vez calculada la sección se irá subiendo aguas arriba hasta llegar al diseño de los conductores del interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, el interruptor seccionador del CS o los interruptores de línea de los CT según el caso particular a estudio.

- A continuación, escogeremos el calibre de los dispositivos generales de mando y protección, en relación con esa sección elegida y la intensidad de cortocircuito, para tener así protegidos debidamente los circuitos.
- Una vez diseñada la red de baja tensión, se procederá al cálculo de la previsión de carga de potencias e intensidades.
- Las potencias iniciales calculadas coincidirán con la red de distribución de baja tensión y, añadiendo los valores de potencia reactiva y potencia perdida por efecto Joule, condicionada por la resistencia y longitud de los conductores.
- El segundo lugar realizaremos los cálculos necesarios para obtener la potencia de asimetría (desequilibrio) y potencia de distorsión.

En este caso particular consideraremos las potencias nulas por ser cargas trifásicas que no contienen desequilibrios ni corrientes armónicas.

- La forma de medir la calidad de la red eléctrica será obteniendo la eficiencia de la red de distribución a estudio en esta fase de diseño.
- Una vez diseñada la red de baja tensión, procedemos a diseñar la batería de condensadores en función de la potencia reactiva de los receptores.
- Por último, una vez instalada la batería de condensadores, obtenemos el nuevo valor de corriente a frecuencia fundamental, 50 Hz, relacionada directamente con las potencias compensadas por el nuevo factor de potencia y la eficiencia energética.

A continuación, indicaremos las **fórmulas** necesarias para el diseño de la línea de distribución en Baja Tensión y, para facilitar la comprensión de las fórmulas utilizadas realizaremos al mismo tiempo un ejemplo de cálculo de una línea de distribución trifásica en este proyecto.

El **ejemplo** de la línea de distribución es la Línea de Alimentación 3.1, que tiene su origen en el del cuadro principal de BT del CT 3 y, finaliza en la CGP de la nave industrial 20.

Como se indicó anteriormente, el diseño de esta línea de distribución será objeto de este proyecto, aunque la responsabilidad será de las empresas suministradoras según las especificaciones técnicas de la empresa suministradora (UFD) y la ITC-BT-12 que define las instalaciones de enlace.

Una vez diseñada la línea de distribución de BT, realizaremos los cálculos necesarios para el diseño de la **batería de condensadores** ajustada a las fórmulas normalizadas por el RBT, el RAT, el RLAT, la empresa suministradora UFD y el catálogo del fabricante Circutor.

- **La Potencia Aparente de las naves industriales** de acuerdo con la ITC-BT 10 en su apartado 4.2.

- Potencia Aparente.

$$S = \frac{P}{\cos(\phi)} \quad (2.8.4.1)$$

En donde:

S = Potencia aparente de suministro de la nave industrial (kVA).

P = Potencia activa de suministro de la nave industrial (kW).

Cos  $\phi$  = Factor de potencia de los receptores en la línea de alimentación.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

P = 124,90 kW.

Cos ( $\phi$ ) = 0,85.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

S = 146,94 kVA.

- **La Intensidad calculada** en función de la previsión de cargas de las naves industriales.

- Intensidad.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L * n} \quad (2.8.4.2)$$

En donde:

I = Intensidad nominal de carga (A).

S = Potencia aparente de suministro de la nave industrial (VA).

V<sub>L</sub> = Tensión de servicio o de línea (V).

n = Número de ternos de la línea de distribución.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

S = 146,94 \* 10<sup>3</sup> VA.

V<sub>L</sub> = 400 V.

$n = 1$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I = 212,09 \text{ A}$ .

- **La Intensidad de cálculo** será la intensidad calculada en el paso anterior cuando se aproxima superiormente al valor de los dispositivos generales de mando y protección y/o los fusibles de la caja general de protección normalizados.

$I_{\text{CÁLCULO}} = 250 \text{ A}$ .

- Factor de corrección para temperatura del terreno de  $35^\circ\text{C}$  y temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente de  $90^\circ\text{C}$  según la tabla 6 de la ITC-BT-07.

$K_1 = 0,92$ .

- Factor de corrección si consideramos la resistividad térmica del terreno  $1,20 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$  por ser un conductor unipolar en una de las situaciones más desfavorable que se pudiera presentar, como indica la tabla 7 de la ITC-BT-07.

$K_2 = 0,93$ .

- Factor de corrección por la distancia de 200 mm entre 3 ternos de la zanja para cables no directamente enterrados (bajo tubo), según la tabla 8 de la ITC-BT-07.

$K_3 = 0,79$ .

- Factor de corrección por considerar la profundidad de los cables enterrados a 1,20 m según la tabla 9 de la ITC-BT-07.

$K_4 = 0,95$ .

- Factor de corrección para una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo según el apartado 3.1.3 de la ITC-BT-07.

$K_5 = 0,80$ .

- **Factor de corrección total** según la instalación elegida.

$$K_{\text{REDUCTOR}} = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.8.4.3)$$

En donde:

$K_{\text{REDUCTOR}}$  = Factor de corrección total.

$K_1$  = Factor de corrección por la temperatura del terreno.

$K_2$  = Factor de corrección por la resistividad térmica del terreno.

$K_3$  = Factor de corrección por la distancia entre ternos.

$K_4$  = Factor de corrección por la profundidad de los cables.

$K_5$  = Factor de corrección por cables unipolares en el interior de un mismo tubo.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$K_1 = 0,92$ .

$K_2 = 0,93$ .

$K_3 = 0,79$ .

$K_4 = 0,95$ .

$K_5 = 0,80$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$K_{REDUCTOR} = 0,5137$ .

- **La Intensidad tabla** es la intensidad máxima admisible del conductor en función del tipo de instalación elegida y, posee una relación directa con los valores indicados en la tabla 5 de la ITC-BT-07.

- Intensidad tabla.

$$I_{TABLA} = \frac{I}{K_{REDUCTOR}} \quad (2.8.4.4)$$

En donde:

$I_{TABLA}$  = Intensidad máxima admisible del conductor según la instalación elegida (A).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$K_{REDUCTOR}$  = Factor de corrección total.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I = 212,09$  A.

$K_{REDUCTOR} = 0,5137$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{TABLA} = 412,87$  A.

- **La Sección tabla** es la sección mínima que corresponde con un valor superior a la intensidad tabla según indica la tabla 5 de la ITC-BT-07 para una terna de cables unipolares con aislamiento XLPE.

$$S_{\text{TABLA}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección mínima** es la sección mínima que corresponde con la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT para la Potencia activa de suministro de la nave industrial.

$$S_{\text{MÍNIMA}} = 70 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección que prevalece**, entre la sección tabla y sección mínima, será la que posea una superficie mayor de los dos valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{TABLA}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión máxima** será de 1,50 %, dividiéndola entre el 1,40 % para la línea de distribución de las naves industriales y, 0,10 % para el conductor que alimenta el cuadro principal desde el secundario del transformador.

Se decide hacer este reparto de caída de tensión por que la longitud de los conductores del cuadro principal tendrá un valor tan pequeño respecto al conjunto de la línea eléctrica, ya que los equipos eléctricos están muy próximos (separados por un tabique), en cada edificio prefabricado que alberga los 8 CT.

- Caída de tensión máxima.

$$E = \frac{CDT_{\text{MÁXIMA}} * V_L}{100} \quad (2.8.4.5)$$

En donde:

E = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$CDT_{\text{MÁXIMA}}$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$CDT_{\text{MÁXIMA}} = 1,40 \text{ \%}.$$

$$V_L = 400 \text{ V}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 5,6 \text{ V}.$$

- **La Potencia aparente de cálculo** será la potencia aparente utilizada para calcular la sección mínima del conductor.

- Potencia aparente de cálculo.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{CÁLCULO}} \quad (2.8.4.6)$$



En donde:

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{CÁLCULO}}$  = Intensidad del magnetotérmico y/o los fusibles normalizados (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{CÁLCULO}} = 250 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA}$ .

- **La Sección de cálculo** será la sección mínima por utilizar en la línea de distribución, condicionada por el valor máximo de caída de tensión indicado en el apartado anterior.
- Sección de cálculo.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * E * V_L} \quad (2.8.4.7)$$

En donde:

$S_{\text{CÁLCULO}}$  = Sección de cálculo ( $\text{mm}^2$ ).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$E$  = Caída de tensión máxima de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA}$ .

$L = 81,50 \text{ m}$ .

$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2$ .

$E = 5,6 \text{ V}$ .

$V_L = 400 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S_{\text{CÁLCULO}} = 112,53 \text{ mm}^2.$$

- **La Sección real** es la que prevalece entre la sección tabla, sección mínima y sección de cálculo al poseer una superficie mayor de los tres valores obtenidos en apartados anteriores.

$$S_{\text{REAL}} = 150 \text{ mm}^2.$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real.

$$E_{\text{REAL}} = \frac{P_{\text{CÁLCULO}} * L}{K * S_{\text{REAL}} * V_L} \quad (2.8.4.7)$$

En donde:

$E_{\text{REAL}}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$P_{\text{CÁLCULO}}$  = Potencia aparente de cálculo (VA).

$L$  = Longitud de la línea de distribución (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ ).

$S_{\text{REAL}}$  = Sección real instalada ( $\text{mm}^2$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P_{\text{CÁLCULO}} = 173,2051 * 10^3 \text{ VA.}$$

$$L = 81,50 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2.$$

$$S_{\text{REAL}} = 150 \text{ mm}^2.$$

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E_{\text{REAL}} = 4,201 \text{ V.}$$

- **La Caída de tensión real** de la línea de distribución será la caída de tensión calculada por utilizar la sección real obtenida en el apartado anterior para la línea de alimentación a estudio.
- Caída de tensión real.

$$CDT_{REAL} = \frac{E_{REAL} * 100}{V_L} \quad (2.8.4.5)$$

En donde:

$CDT_{REAL}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (%).

$E_{REAL}$  = Caída de tensión real de la línea de distribución (V).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$E_{REAL} = 4,201 \text{ V}$ .

$V_L = 400 \text{ V}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$CDT_{REAL} = 1,05 \%$ .

- **El Diámetro de los tubos** estará diseñado de acuerdo con la tabla 1 de la ITC-BT-14 y la tabla 10 de las normas particulares de UFD para instalaciones de enlace en BT, por lo tanto, para una sección de 3 conductores de fase unipolares XLPE con  $150 \text{ mm}^2$  y conductor neutro de  $70 \text{ mm}^2$ , le corresponde un tubo de 160 mm.

En el caso de existir contradicción entre las normas, se elegiría el valor más restrictivo, diámetro mayor.

$\varnothing = 160 \text{ mm}$ .

- **La CGP** será el modelo de CGP-7-250/BUC con 3 fusibles de 250 A, de acuerdo con los cálculos efectuados para la obtención de la Intensidad de cálculo.
- A pesar de no incluir la Intensidad de cortocircuito de los elementos de protección en las tablas de resultados finales, se realizará un ejemplo del método de cálculo necesario para la obtención del mencionado valor.
- **La Resistencia del conductor** será la suma de las resistencias de los conductores entre el interruptor magnetotérmico general del cuadro principal de BT, situado en cada CT a la salida del secundario del transformador y, ese mismo punto.
- Resistencia del conductor.

$$R_{LA\_3.1} = \frac{L_{240}}{K * n_{240} * S_{REAL\_240}} + \frac{L_{150}}{K * n_{150} * S_{REAL\_150}} \quad (2.8.4.8)$$

En donde:

$R_{LA\_3.1}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

- $L_{240}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3 (m).
- $K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $m/\Omega \cdot mm^2$ ).
- $n_{240}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.
- $S_{REAL\_240}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3 ( $mm^2$ ).
- $L_{150}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.1 (m).
- $n_{150}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.1.
- $S_{REAL\_150}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.1 ( $mm^2$ ).
- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.
- $L_{240} = 6 \text{ m.}$
- $K = 56 \text{ m}/\Omega \cdot mm^2.$
- $n_{240} = 2.$
- $S_{REAL\_240} = 240 \text{ mm}^2.$
- $L_{150} = 81,50 \text{ m.}$
- $n_{150} = 1.$
- $S_{REAL\_150} = 150 \text{ mm}^2.$
- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.
- $R_{LA\_3.1} = 9,926 \cdot 10^{-3} \Omega.$
- **La Intensidad de cortocircuito** mínima como poder de corte del interruptor magnetotérmico usado para ser el elemento de protección de la línea de distribución LA 3.1.
  - Intensidad de cortocircuito mínima.

$$I_{CC\_LA\_3.1} = \frac{0,8 \cdot V_L}{R_{LA\_3.1}} \quad (2.8.4.9)$$

En donde:

$I_{CC\_LA\_3.1}$  = Intensidad de cortocircuito mínima de la línea de alimentación 3.1 (A).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$R_{LA\_3.1}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V.}$

$$R_{LA\_3.1} = 9,926 * 10^{-3} \Omega.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{CC\_LA\_3.1} = 32,239 * 10^3 \text{ A.}$$

- **La Resistencia del conductor** de la línea de alimentación 3.1 será necesaria calcularla para la obtención de la potencia perdida por efecto Joule.
- Resistencia del conductor.

$$R_{LA\_3.1\_JOULE} = \frac{L_{150}}{K * n_{150} * S_{REAL\_150}} \quad (2.8.4.10)$$

En donde:

$R_{LA\_3.1\_JOULE}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

$L_{150}$  = Longitud de la línea de distribución LA 3.1 (m).

$K$  = Conductividad de conductores de cobre ( $m/\Omega * mm^2$ ).

$n_{150}$  = Número de ternos de la línea de distribución LA 3.1.

$S_{REAL\_150}$  = Sección real instalada en la línea de distribución LA 3.1 ( $mm^2$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$L_{150} = 81,50 \text{ m.}$$

$$K = 56 \text{ m}/\Omega * mm^2.$$

$$n_{150} = 1.$$

$$S_{REAL\_150} = 150 \text{ mm}^2.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$R_{LA\_3.1\_JOULE} = 0,0097 \Omega.$$

- **La Potencia perdida por efecto Joule** es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.
- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{PERDIDA} = n * I^2 * R_{LA\_3.1\_JOULE} \quad (2.8.4.11)$$

En donde:

$P_{PERDIDA}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

$n$  = Número de fases activas.

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$R_{LA\_3.1\_JOULE}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$n = 3$ .

$I = 212,09$  A.

$R_{LA\_3.1\_JOULE} = 0,0097 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{PERDIDA} = 1,3090 * 10^3$  W.

- **La Potencia reactiva** no se consume ni se genera en el sentido estricto (el uso de los términos "potencia reactiva generada" y/o "potencia reactiva consumida" es una convención) y en circuitos lineales solo aparece cuando existen bobinas o condensadores. Por lo tanto, es la potencia debida al desfase entre la Tensión y la Intensidad según la naturaleza de las cargas.

- Potencia reactiva.

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I * \sin(\phi) \quad (2.8.4.12)$$

En donde:

$Q$  = Potencia reactiva ( $VA_R$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$\sin(\phi)$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400$  V.

$I = 212,09$  A.

$\sin(\phi) = 0,5288$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$Q = 77,4056 * 10^3$   $VA_R$ .

- **La Potencia de asimetría** es la potencia debida a los desequilibrios de módulo y ángulo de las componentes fasoriales.

En este caso particular consideraremos la potencia nula por ser cargas trifásicas que no contienen desequilibrios.

- Potencia de asimetría.

$$P_{\text{ASIMETRÍA}} = \sqrt{3} * V_{\text{LD}} * \sqrt{(I_{\text{INVERSA}})^2 + (I_{\text{HOMOPOLAR}})^2} \quad (2.8.4.13)$$

En donde:

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría ( $VA_A$ ).

$V_{\text{LD}}$  = Tensión de servicio o de línea directa, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa ( $V$ ).

$I_{\text{INVERSA}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{INVERSA}}$  de secuencia inversa ( $A$ ).

$I_{\text{HOMOPOLAR}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{HOMOPOLAR}}$  de secuencia homopolar ( $A$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{INVERSA}} = 0 \text{ A}$ .

$I_{\text{HOMOPOLAR}} = 0 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0 \text{ VA}_A$ .

- **La Potencia de distorsión** es la potencia debida a las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.

En este caso particular consideraremos la potencia nula por ser cargas trifásicas que no contienen corrientes armónicas.

- Potencia de distorsión.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = \sqrt{3} * V_{1L} * RA \quad (2.8.4.14)$$

En donde:

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $VA_D$ ).

$V_{1L}$  = Tensión de servicio o de línea directa a frecuencia fundamental, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa y lineal ( $V$ ).

$RA$  = Residuo armónico ( $A$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

$$R_A = 0 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0 \text{ VA}_D.$$

- **La Potencia aparente** es la potencia que relaciona todas las cargas (útiles, desfasadas, desequilibradas y distorsionadas) para unificarlas en un único valor.

- Potencia aparente.

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2 + (P_{\text{ASIMETRÍA}})^2 + (P_{\text{DISTORSIÓN}})^2} \quad (2.8.4.15)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

P = Potencia activa (W).

Q = Potencia reactiva (VAR).

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría (VA<sub>A</sub>).

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión (VA<sub>D</sub>).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 124,90 * 10^3 \text{ W.}$$

$$Q = 77,4056 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0 \text{ VA}_A.$$

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0 \text{ VA}_D.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 146,9409 * 10^3 \text{ VA.}$$

- Potencia aparente de Buchholz.

$$S = \sqrt{\left( (V_{F\_R})^2 + (V_{F\_S})^2 + (V_{F\_T})^2 \right) * \left( (I_R)^2 + (I_S)^2 + (I_T)^2 \right)} \quad (2.8.4.16)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

$V_{F\_R}$  = Tensión de servicio o de fase R (V).

$V_{F\_S}$  = Tensión de servicio o de fase S (V).



$V_{F\_T}$  = Tensión de servicio o de fase T (V).

$I_R$  = Intensidad de línea o de fase R (A).

$I_S$  = Intensidad de línea o de fase S (A).

$I_T$  = Intensidad de línea o de fase T (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{F\_R} = 230,94 \text{ V.}$

$V_{F\_S} = 230,94 \text{ V.}$

$V_{F\_T} = 230,94 \text{ V.}$

$I_R = 212,09 \text{ A.}$

$I_S = 212,09 \text{ A.}$

$I_T = 212,09 \text{ A.}$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$S = 146,9402 * 10^3 \text{ VA.}$

- **La Eficiencia** es la relación entre la potencia efectiva y la potencia aparente.

- Eficiencia.

$$E = \frac{P}{S} * 100 \quad (2.8.4.17)$$

En donde:

E = Eficiencia (%).

P = Potencia activa (W).

S = Potencia aparente (VA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P = 124,90 * 10^3 \text{ W.}$

$S = 146,9409 * 10^3 \text{ VA.}$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$E = 85 \text{ \%}$ .

- **La Intensidad compensada** calculada en función de la previsión de cargas de las naves industriales con el nuevo factor de potencia por la instalación de la batería de condensadores.
- Intensidad compensada.

$$I_{\text{COMPENSADA}} = \frac{P}{\sqrt{3} * V_L * n * \cos(\phi)_{\text{NUEVO}}} \quad (2.8.4.18)$$

En donde:

$I_{\text{COMPENSADA}}$  = Intensidad compensada por la batería de condensadores (A).

P = Potencia activa de suministro de la nave industrial (kW).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

n = Número de tramos de la línea de distribución.

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 124,90 * 10^3 \text{ W.}$$

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

$$n = 1.$$

$$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}} = 1.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{\text{COMPENSADA}} = 180,2776 \text{ A.}$$

- **La intensidad compensada** será la intensidad a frecuencia fundamental considerando el factor de potencia nuevo y el inicial.
- **La Intensidad compensada comprobación** calculada en función de la intensidad inicial, el factor de potencia inicial y el factor de potencia nuevo por la instalación de la batería de condensadores.

Esta Intensidad coincidirá con la Intensidad compensada calculada el apartado anterior.

- Intensidad compensada comprobación.

$$I_{\text{COMPENSADA\_COMPROBACIÓN}} = I * \frac{\cos(\phi)}{\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}} \quad (2.7.4.19)$$

En donde:

$I_{\text{COMPENSADA\_COMPROBACIÓN}}$  = Intensidad compensada por la batería de condensadores (A).

$I$  = Intensidad nominal de carga (A).

$\cos(\phi)$  = Factor de potencia inicial de los receptores.

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I = 212,09 \text{ A}$ .

$\cos(\phi) = 0,85$ .

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}} = 1$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{\text{COMPENSADA\_COMPROBACIÓN}} = 180,2765 \text{ A}$ .

- **La Potencia activa** es la encargada de transformar la energía activa en trabajo útil.

- Potencia activa.

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{COMPENSADA}} * n * \cos(\phi)_{\text{NUEVO}} \quad (2.8.4.18)$$

En donde:

$P$  = Potencia activa de suministro de la nave industrial (kW).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{COMPENSADA}}$  = Intensidad compensada por la batería de condensadores (A).

$n$  = Número de tramos de la línea de distribución.

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Factor de potencia nuevo de los receptores.

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{COMPENSADA}} = 180,2776 \text{ A}$ .

$n = 1$ .

$\cos(\phi)_{\text{NUEVO}} = 1$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P = 124,90 * 10^3 \text{ W}$ .

- **La Potencia perdida por efecto Joule** es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.

- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{\text{PERDIDA}} = n * (I_{\text{COMPENSADA}})^2 * R_{\text{LA\_3.1\_JOULE}} \quad (2.8.4.20)$$

En donde:

$P_{\text{PERDIDA}}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

$n$  = Número de fases activas.

$I_{\text{COMPENSADA}}$  = Intensidad compensada por la batería de condensadores (A).

$R_{\text{LA\_3.1\_JOULE}}$  = Resistencia de la línea de alimentación 3.1 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$n = 3$ .

$I_{\text{COMPENSADA}} = 180,2776 \text{ A}$ .

$R_{\text{LA\_3.1\_JOULE}} = 0,0097 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{PERDIDA}} = 0,9458 * 10^3 \text{ W}$ .

- **La Potencia reactiva** no se consume ni se genera en el sentido estricto (el uso de los términos "potencia reactiva generada" y/o "potencia reactiva consumida" es una convención) y en circuitos lineales solo aparece cuando existen bobinas o condensadores. Por lo tanto, es la potencia debida al desfase entre la Tensión y la Intensidad según la naturaleza de las cargas.

- Potencia reactiva.

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_{\text{COMPENSADA}} * \sin(\phi)_{\text{NUEVO}} \quad (2.8.4.21)$$

En donde:

$Q$  = Potencia reactiva ( $\text{VAR}$ ).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

$I_{\text{COMPENSADA}}$  = Intensidad compensada por la batería de condensadores (A).

$\sin(\phi)_{\text{NUEVO}}$  = Seno del ángulo que posee el factor de potencia nuevo de los receptores.

Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

$I_{\text{COMPENSADA}} = 180,2776 \text{ A}$ .

$\sin(\phi)_{\text{NUEVO}} = 0$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = 0 \text{ VA}_R.$$

- **La Potencia de asimetría** es la potencia debida a los desequilibrios de módulo y ángulo de las componentes fasoriales.

En este caso particular consideraremos la potencia nula por ser cargas trifásicas que no contienen desequilibrios.

- Potencia de asimetría.

$$P_{\text{ASIMETRÍA}} = \sqrt{3} * V_{LD} * \sqrt{(I_{\text{INVERSA}})^2 + (I_{\text{HOMOPOLAR}})^2} \quad (2.8.4.13)$$

En donde:

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría ( $\text{VA}_A$ ).

$V_{LD}$  = Tensión de servicio o de línea directa, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa ( $V$ ).

$I_{\text{INVERSA}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{INVERSA}}$  de secuencia inversa (A).

$I_{\text{HOMOPOLAR}}$  = Intensidad con módulo  $I_{\text{HOMOPOLAR}}$  de secuencia homopolar (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_L = 400 \text{ V.}$$

$$I_{\text{INVERSA}} = 0 \text{ A.}$$

$$I_{\text{HOMOPOLAR}} = 0 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0 \text{ VA}_A.$$

- **La Potencia de distorsión** es la potencia debida a las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.

En este caso particular consideraremos la potencia nula por ser cargas trifásicas que no contienen corrientes armónicas.

- Potencia de distorsión.

$$P_{\text{DISTORSIÓN}} = \sqrt{3} * V_{1L} * R_A \quad (2.8.4.14)$$

En donde:

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $\text{VA}_D$ ).

$V_{1L}$  = Tensión de servicio o de línea directa a frecuencia fundamental, coincide con la tensión de línea ( $V_L$ ) al suponer un sistema de tensiones equilibrado de secuencia directa y lineal ( $V$ ).

RA = Residuo armónico (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_L = 400 \text{ V}$ .

RA = 0 A.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0 \text{ VA}_D$ .

- **La Potencia aparente** es la potencia que relaciona todas las cargas (útiles, desfasadas, desequilibradas y distorsionadas) para unificarlas en un único valor.

- Potencia aparente.

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2 + (P_{\text{ASIMETRÍA}})^2 + (P_{\text{DISTORSIÓN}})^2} \quad (2.8.4.15)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

P = Potencia activa (W).

Q = Potencia reactiva ( $\text{VA}_R$ ).

$P_{\text{ASIMETRÍA}}$  = Potencia de asimetría ( $\text{VA}_A$ ).

$P_{\text{DISTORSIÓN}}$  = Potencia de distorsión ( $\text{VA}_D$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$P = 124,90 \cdot 10^3 \text{ W}$ .

Q = 0  $\text{VA}_R$ .

$P_{\text{ASIMETRÍA}} = 0 \text{ VA}_A$ .

$P_{\text{DISTORSIÓN}} = 0 \text{ VA}_D$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$S = 124,90 \cdot 10^3 \text{ VA}$ .

- Potencia aparente de Buchholz.

$$S = \sqrt{\left((V_{F\_R})^2 + (V_{F\_S})^2 + (V_{F\_T})^2\right) * \left((I_{COMPENSADA\_R})^2 + (I_{COMPENSADA\_S})^2 + (I_{COMPENSADA\_T})^2\right)} \quad (2.8.4.22)$$

En donde:

S = Potencia aparente (VA).

$V_{F\_R}$  = Tensión de servicio o de fase R (V).

$V_{F\_S}$  = Tensión de servicio o de fase S (V).

$V_{F\_T}$  = Tensión de servicio o de fase T (V).

$I_{COMPENSADA\_R}$  = Intensidad compensada de línea o de fase R (A).

$I_{COMPENSADA\_S}$  = Intensidad compensada de línea o de fase S (A).

$I_{COMPENSADA\_T}$  = Intensidad compensada de línea o de fase T (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_{F\_R} = 230,94 \text{ V.}$$

$$V_{F\_S} = 230,94 \text{ V.}$$

$$V_{F\_T} = 230,94 \text{ V.}$$

$$I_{COMPENSADA\_R} = 180,2776 \text{ A.}$$

$$I_{COMPENSADA\_S} = 180,2776 \text{ A.}$$

$$I_{COMPENSADA\_T} = 180,2776 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$S = 124,90 * 10^3 \text{ VA.}$$

- **La Eficiencia** es la relación entre la potencia efectiva y la potencia aparente.

- Eficiencia.

$$E = \frac{P}{S} * 100 \quad (2.8.4.17)$$

En donde:

E = Eficiencia (%).

P = Potencia activa (W).

S = Potencia aparente (VA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 124,90 \cdot 10^3 \text{ W.}$$

$$S = 124,90 \cdot 10^3 \text{ VA.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$E = 100 \text{ \%}.$$

- **Los receptores** de las instalaciones eléctricas son inductivos, en su inmensa mayoría. En consecuencia, los elementos de Compensación son condensadores.

Los dispositivos de compensación de potencia reactiva permiten reducir la potencia reactiva hasta un nuevo valor  $Q'$ .

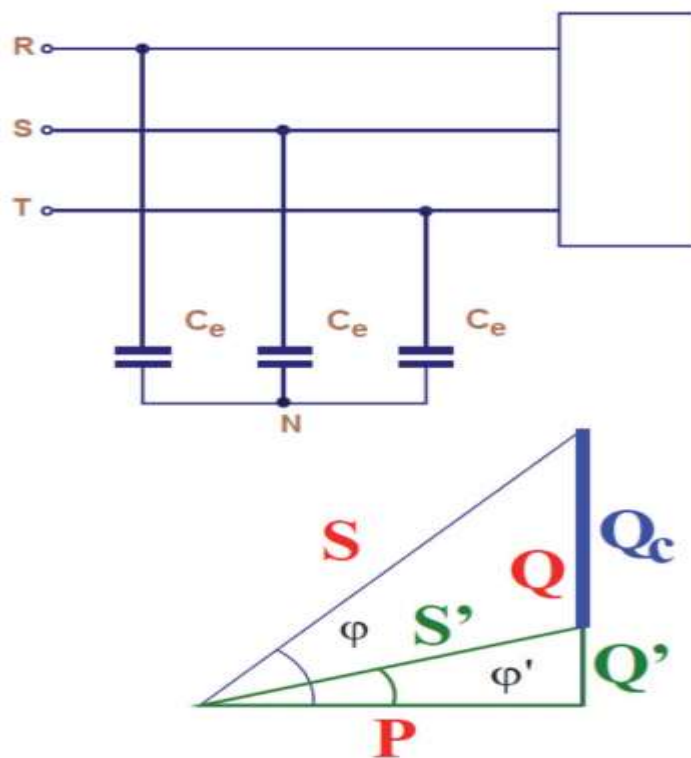


Figura 2.8.4.1 – Compensación de potencia reactiva (Apuntes de GEEE)

- **El Ángulo de desfase inicial de las naves** del polígono industrial es la relación entre la potencia activa y reactiva absorbida por la instalación.
- Ángulo de desfase inicial del polígono industrial.

$$\phi = \arctg\left(\frac{Q}{P}\right) \quad (2.8.4.23)$$

En donde:

$\phi$  = Ángulo de desfase inicial de las naves del polígono industrial (°).

$Q$  = Potencia reactiva de las naves del polígono industrial ( $VA_R$ ).



$P$  = Potencia activa de las naves del polígono industrial (W).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q = 1.623,88 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$P = 2.620,24 * 10^3 \text{ W.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$\phi = 31,7883^\circ.$$

- **La Potencia reactiva de la batería de condensadores** es la potencia reactiva necesaria para dimensionar los condensadores al nuevo valor del factor de potencia de las naves del polígono industrial.

- Potencia reactiva de la batería de condensadores.

$$Q_C = P * [\tan(\phi_{\text{INICIAL}}) - \tan(\phi_{\text{FINAL}})] \quad (2.8.4.24)$$

En donde:

$Q_C$  = Potencia reactiva de la batería de condensadores (VAR).

$P$  = Potencia activa de las naves del polígono industrial (W).

$\phi_{\text{INICIAL}}$  = Ángulo de desfase inicial de las naves del polígono industrial ( $^\circ$ ).

$\phi_{\text{FINAL}}$  = Ángulo de desfase final de las naves del polígono industrial ( $^\circ$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$P = 2.620,24 * 10^3 \text{ W.}$$

$$\phi_{\text{INICIAL}} = 31,7883^\circ.$$

$$\phi_{\text{FINAL}} = 0^\circ.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q_C = 1.623,88 * 10^3 \text{ VAR.}$$

- **La Capacidad de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella es tres veces mayor respecto a conexión triángulo.

- Capacidad de la batería de condensadores.

$$C_{\text{ESTRELLA}} = 3 * C_{\text{TRIÁNGULO}} \quad (2.8.4.25)$$

En donde:

$C_{\text{ESTRELLA}}$  = Capacidad de la batería de condensadores en conexión estrella (F).

$C_{\text{TRIÁNGULO}}$  = Capacidad de la batería de condensadores en conexión triángulo (F).

- **La Capacidad de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Capacidad de la batería de condensadores.

$$C_{\text{ESTRELLA}} = \frac{Q_C}{2 * \pi * f * (V_L)^2} \quad (2.8.4.26)$$

En donde:

$C_{\text{ESTRELLA}}$  = Capacidad de la batería de condensadores en conexión estrella (F).

$Q_C$  = Potencia reactiva de la batería de condensadores ( $VA_R$ ).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$V_L$  = Tensión de servicio o de línea (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_C = 1.623,88 * 10^3 VA_R.$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_L = 20.000 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_{\text{ESTRELLA}} = 12,922 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- **La Reactancia Capacitiva de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Reactancia Capacitiva de la batería de condensadores.

$$X_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C_{\text{ESTRELLA}}} \quad \left| - 90^\circ \right. \quad (2.7.4.27)$$

En donde:

$X_C$  = Reactancia Capacitiva de la batería de condensadores ( $\Omega$ ).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$C_{\text{ESTRELLA}}$  = Capacidad de la batería de condensadores en conexión estrella (F).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$C_{\text{ESTRELLA}} = 12,922 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$X_C$  = Reactancia Capacitiva con módulo 246,332 y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

- **La Intensidad de la fase R de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Intensidad de la fase R de la batería de condensadores.

$$I_{C\_FASE\_R} = \frac{V_{RN}}{X_{C\_FASE\_R}} \quad (2.7.4.28)$$

En donde:

$I_{C\_FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R de la batería de condensadores (A).

$V_{RN}$  = Tensión de servicio o de fase R (V).

$X_{C\_FASE\_R}$  = Reactancia Capacitiva de la fase R de la batería de condensadores ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{RN}$  = Tensión de servicio o de fase R con módulo 11.547,0054 y ángulo 0° (V).

$X_{C\_FASE\_R}$  = Reactancia Capacitiva de la fase R con módulo 246,332 y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C\_FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R con módulo 46,8758 y ángulo 90° (A).

- **La Intensidad de la fase S de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Intensidad de la fase S de la batería de condensadores.

$$I_{C\_FASE\_S} = \frac{V_{SN}}{X_{C\_FASE\_S}} \quad (2.7.4.29)$$

En donde:

$I_{C\_FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S de la batería de condensadores (A).

$V_{SN}$  = Tensión de servicio o de fase S (V).

$X_{C\_FASE\_S}$  = Reactancia Capacitiva de la fase S de la batería de condensadores ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{SN}$  = Tensión de servicio o de fase S con módulo 11.547,0054 y ángulo - 120° (V).

$X_{C\_FASE\_S}$  = Reactancia Capacitiva de la fase S con módulo 246,332 y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C\_FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S con módulo 46,8758 y ángulo - 30° (A).

- **La Intensidad de la fase T de la batería de condensadores** de las naves del polígono industrial en conexión estrella.

- Intensidad de la fase T de la batería de condensadores.

$$I_{C\_FASE\_T} = \frac{V_{TN}}{X_{C\_FASE\_T}} \quad (2.7.4.30)$$

En donde:

$I_{C\_FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T de la batería de condensadores (A).

$V_{TN}$  = Tensión de servicio o de fase T (V).

$X_{C\_FASE\_T}$  = Reactancia Capacitiva de la fase T de la batería de condensadores ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_{TN}$  = Tensión de servicio o de fase T con módulo 11.547,0054 y ángulo 120° (V).

$X_{C\_FASE\_T}$  = Reactancia Capacitiva de la fase T con módulo 246,332 y ángulo - 90° ( $\Omega$ ).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C\_FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T con módulo 46,8758 y ángulo - 150° (A).

- **La Intensidad de la fase R de la línea de alimentación dúplex** en las naves del polígono industrial después de conectar la batería de condensadores.

- Intensidad de la fase R después de conectar la batería de condensadores.

$$I_{FASE\_R} = I_{C\_FASE\_R} + I_{FASE\_R\_INICIAL} \quad (2.7.4.31)$$

En donde:

$I_{FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R después de conectar la batería de condensadores (A).

$I_{C\_FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R de la batería de condensadores (A).

$I_{FASE\_R\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase R sin conectar la batería de condensadores (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{C\_FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R con módulo 46,8758 y ángulo 90° (A).

$I_{FASE\_R\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase R con módulo 88,98 y ángulo - 31,7883° (A).

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{FASE\_R}$  = Intensidad de la fase R con módulo 75,6331 y ángulo  $0^\circ$  (A).

- **La Intensidad de la fase S** de la línea de alimentación dúplex en las naves del polígono industrial después de conectar la batería de condensadores.
- Intensidad de la fase S después de conectar la batería de condensadores.

$$I_{FASE\_S} = I_{C\_FASE\_S} + I_{FASE\_S\_INICIAL} \quad (2.7.4.32)$$

En donde:

$I_{FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S después de conectar la batería de condensadores (A).

$I_{C\_FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S de la batería de condensadores (A).

$I_{FASE\_S\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase S sin conectar la batería de condensadores (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.
- $I_{C\_FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S con módulo 46,8758 y ángulo  $-30^\circ$  (A).
- $I_{FASE\_S\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase S con módulo 88,98 y ángulo  $-151,7883^\circ$  (A).
- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{FASE\_S}$  = Intensidad de la fase S con módulo 75,6331 y ángulo  $-120^\circ$  (A).

- **La Intensidad de la fase T** de la línea de alimentación dúplex en las naves del polígono industrial después de conectar la batería de condensadores.
- Intensidad de la fase T después de conectar la batería de condensadores.

$$I_{FASE\_T} = I_{C\_FASE\_T} + I_{FASE\_T\_INICIAL} \quad (2.7.4.33)$$

En donde:

$I_{FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T después de conectar la batería de condensadores (A).

$I_{C\_FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T de la batería de condensadores (A).

$I_{FASE\_T\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase T sin conectar la batería de condensadores (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.
- $I_{C\_FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T con módulo 46,8758 y ángulo  $-150^\circ$  (A).
- $I_{FASE\_T\_INICIAL}$  = Intensidad de la fase T con módulo 88,98 y ángulo  $88,2117^\circ$  (A).
- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{FASE\_T}$  = Intensidad de la fase T con módulo 75,6331 y ángulo  $120^\circ$  (A).

- **La Potencia perdida** de la línea de alimentación dúplex por efecto Joule es debida al fenómeno asociado a la disipación de calor de un conductor.
- Potencia perdida por efecto Joule.

$$P_{\text{PERDIDA}} = n * (I_{\text{FASE\_R}})^2 * R_{\text{LA\_9\_JOULE}} \quad (2.8.4.34)$$

En donde:

$P_{\text{PERDIDA}}$  = Potencia perdida por efecto Joule de la línea de alimentación (W).

$n$  = Número de fases activas.

$I_{\text{FASE\_R}}$  = Intensidad de la fase R después de conectar la batería de condensadores (A).

$R_{\text{LA\_9\_JOULE}}$  = Resistencia de la línea de alimentación 9 ( $\Omega$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$n = 3$ .

$I_{\text{FASE\_R}} = 75,6331 \text{ A}$ .

$R_{\text{LA\_9\_JOULE}} = 0,620 \Omega$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$P_{\text{PERDIDA}} = 10,6399 * 10^3 \text{ W}$ .

- **En el Catálogo del fabricante Circutor** realiza una serie de consideraciones en el diseño de los elementos de la batería de condensadores, principalmente para condensadores y reactancias.

A la hora de seleccionar los Condensadores de potencia en MT son importantes las condiciones de funcionamiento, siendo fundamentalmente:

- Tensión asignada.

Conviene que la tensión asignada o nominal de los condensadores no sea inferior a la tensión máxima de servicio donde vayan a ser instalados.

Pueden existir diferencias considerables entre la tensión de funcionamiento y la asignada de la red, debiendo prever los márgenes necesarios de variación de tensión.

Por seguridad se toma valores entre un 5% y 10 % de margen de tensión sobre el valor declarado.

Esto afectará a la selección de la potencia del condensador con la finalidad de mantener la potencia requerida a la tensión de servicio declarada.

- Nivel de aislamiento.

El nivel de aislamiento debe seleccionarse conforme a la tensión de red donde vayan a ser conectados.

- Temperatura de servicio.

Es importante atender a la temperatura más elevada del condensador, ya que influye en su vida útil, tanto para temperaturas inferiores ya que el dieléctrico puede sufrir descargas parciales, como para las temperaturas ambientales superiores a las establecidas en su diseño.

Conviene utilizar una clase de temperatura adecuada, y si no es posible debería mejorarse las condiciones de refrigeración de los condensadores o utilizar una tensión nominal superior.

- Condiciones especiales.

Condiciones tales como la polución, ambientes salinos o corrosivos, o altitudes superiores a los 1.000 m sobre el nivel del mar, pueden afectar a la selección de los condensadores.

La polución o ambientes salinos afectarían básicamente a la línea de fuga de los condensadores (creepage) teniendo que disponer una mayor línea de fuga.

En el caso de la altitud debe corregirse el nivel de aislamiento en función de la altitud donde se vayan a instalar los condensadores.

- **La Tensión de servicio** supone un 5 % mayor de la tensión de fase por considerar un margen de seguridad ante cambios del valor declarado a la red.

- Tensión de servicio.

$$V_S = \frac{V_F + p * V_F}{\sqrt{3}} \quad (2.8.4.35)$$

En donde:

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$V_F$  = Tensión de fase entre dos fases activas (V).

$p$  = Porcentaje en tanto por cien por considerar un margen de seguridad (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_F = 11.547,0054 \text{ V.}$

$p = 5 \text{ \%}.$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$V_S = 7.000 \text{ V.}$$

- **La Tensión nominal de los condensadores** supone un 10% mayor de la tensión de servicio considerar un margen de seguridad ante cambios del valor consumido por los receptores o instalación eléctrica.
- Tensión nominal de los condensadores.

$$V_N = V_S + p * V_S \quad (2.8.4.36)$$

En donde:

$V_N$  = Tensión nominal de los condensadores (V).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$p$  = Porcentaje en tanto por cien por considerar un margen de seguridad (%).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_S = 7.000 \text{ V.}$$

$$p = 10 \text{ \%}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

- **La Potencia reactiva nominal de los condensadores** supone un porcentaje mayor de la potencia reactiva inicial de la batería de condensadores para dimensionar los condensadores al nuevo valor del factor de potencia de las naves del polígono industrial.
- Potencia reactiva nominal de los condensadores.

$$Q_N = Q_C * \left( \frac{V_N}{V_S} \right)^2 \quad (2.8.4.37)$$

En donde:

$Q_N$  = Potencia reactiva nominal de los condensadores ( $VA_R$ ).

$Q_C$  = Potencia reactiva inicial de la batería de condensadores ( $VA_R$ ).

$V_N$  = Tensión nominal de los condensadores (V).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_C = 1.623,88 * 10^3 \text{ } VA_R.$$



$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

$$V_S = 7.000 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$Q_N = 1.964,89 * 10^3 \text{ VA}_R.$$

- **El nivel de Aislamiento de los condensadores** será en función del diseño que se realice y según lo establecido en la Norma IEC 60871-1.

Aunque los condensadores sean de 7 kV su nivel de aislamiento será de 24 kV.

- **La elección de las Reactancias de choque para baterías de condensadores** de MT depende de la conexión de las baterías de condensadores, al llevar asociados transitorios de tensión y corrientes elevados.

La Norma internacional IEC 60871-1 define el valor máximo que una batería de condensadores es capaz de soportar como valor de pico de conexión.

Este valor de pico debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.

Dicha corriente transitoria que aparece en la conexión proviene básicamente por parte de la red y de otras baterías de condensadores conectadas en paralelo.

El valor de la inductancia es variable en función de las condiciones de la instalación, dependiendo básicamente de los siguientes parámetros:

- Poder de cortocircuito de la instalación.
- Existencia de más baterías de condensadores o escalones en paralelo.
- **La Batería aislada** (sin existencias de más baterías) está formada por un único escalón y sin baterías de condensadores conectadas en paralelo.

En esta situación normalmente no es imprescindible el uso de reactancias de choque, ya que la propia impedancia de la red limita la corriente por debajo de 100 veces la intensidad de la batería.

- **La Intensidad nominal de los condensadores** supone la intensidad de funcionamiento de la batería aislada de condensadores en condiciones estables.
- Intensidad nominal de los condensadores.

$$I_N = \frac{Q_N}{\sqrt{3} * V_N} \quad (2.8.4.38)$$

En donde:

$I_N$  = Intensidad nominal de los condensadores (A).

$Q_N$  = Potencia reactiva nominal de los condensadores ( $VA_R$ ).

$V_N$  = Tensión nominal de los condensadores (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_N = 1.964,89 * 10^3 VA_R.$$

$$V_N = 7.700 V.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_N = 147,3285 A.$$

- **La Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** supone la intensidad de pico de la batería aislada de condensadores en el arranque.
- Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores.

$$I_C = \sqrt{2} * I_N * \sqrt{\frac{S_{CC}}{Q_N}} \quad (2.8.4.39)$$

En donde:

$I_C$  = Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores (A).

$I_N$  = Intensidad nominal de los condensadores (A).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito en la red de distribución (VA).

$Q_N$  = Potencia reactiva nominal de los condensadores ( $VA_R$ ).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_N = 147,3285 A.$$

$$S_{CC} = 500 * 10^6 VA.$$

$$Q_N = 1.964,89 * 10^3 VA_R.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_C = 3.323,6681 A.$$

- **El Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.

- Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores.

$$p = \frac{I_C}{I_N} \quad (2.8.4.40)$$

En donde:

$p$  = Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores.

$I_C$  = Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores (A).

$I_N$  = Intensidad nominal de los condensadores (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_C = 3.323,6681 \text{ A.}$$

$$I_N = 147,3285 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$p = 22,5596.$$

- **La Inductancia necesaria para limitar la corriente** de la batería 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.

- Inductancia necesaria para limitar la corriente de la batería.

$$L \geq \frac{(V_S)^2}{2 * \pi * f} * \left( \frac{200}{Q_N} - \frac{10^6}{S_{CC}} \right) \quad (2.8.4.41)$$

En donde:

$L$  = Inductancia necesaria para limitar la corriente de la batería (H).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (kV).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$Q_N$  = Potencia reactiva nominal de los condensadores (kVAR).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito en la red de distribución (kVA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$V_S = 7 \text{ kV.}$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$Q_N = 1.964,89 \text{ kVAR.}$$

$$S_{CC} = 500.000 \text{ kVA.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados

en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L \geq -0,2961 \text{ H.}$$

- **La Inductancia necesaria para limitar por debajo del poder de cierre** de la batería o escalón que se maniobra.

- Inductancia necesaria para limitar por debajo del poder de cierre.

$$L \geq \frac{10^6}{2 * \pi * f} * \left( \frac{2 * Q_N}{3 * (100 * I_N)^2} - \frac{(V_S)^2}{S_{CC}} \right) \quad (2.8.4.42)$$

En donde:

L = Inductancia necesaria para limitar por debajo del poder de cierre (H).

f = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$Q_N$  = Potencia reactiva nominal de los condensadores (kVAR).

$I_N$  = Intensidad nominal de los condensadores (A).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (kV).

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito en la red de distribución (kVA).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$Q_N = 1.964,89 \text{ kVAR.}$$

$$I_N = 147,3285 \text{ A.}$$

$$V_S = 7 \text{ kV.}$$

$$S_{CC} = 500.000 \text{ kVA.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L \geq -0,2927 \text{ H.}$$

- **Las Baterías de compensación automáticas** son dispositivos de compensación variables, a escalones, formados por condensadores de compensación fijos, que son conectados y desconectados de forma automática por medio de contactores controlados por un regulador varmétrico.

El regulador tiene la misión de registrar los valores del fdp de la red, obtenidos a partir de los valores de tensión y corriente medidos, y de enviar señales eléctricas a las salidas para que conecten o desconecten condensadores.

Se denomina salida, al conjunto formado por una de las baterías, su contactor y sus

dispositivos de protección.

Por escalón, se entiende la salida de menor potencia de la batería de compensación automática.

En la batería de compensación automática, lo primero es fijar el valor mínimo del factor de potencia para el cual la batería debe actuar.

Según el fdp se empeora, y se llega al valor mínimo prefijado, se van conectando de forma automática las salidas de la batería.

Cuando el fdp mejora, el regulador se encarga de desconectar salidas.

El regulador se encarga de repartir de manera equitativa el funcionamiento de todas las salidas de la batería, para evitar desgastes excesivos.

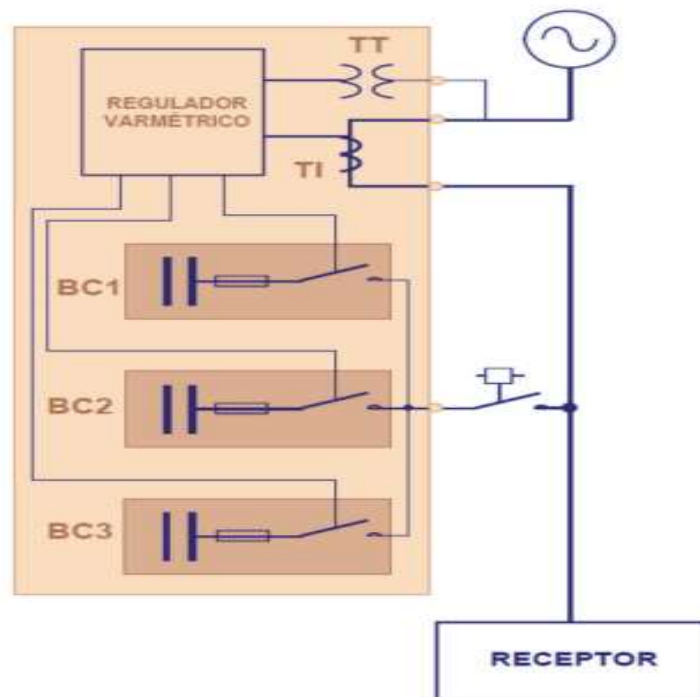


Figura 2.8.4.2 – Batería de compensación automática (Apuntes de GEEE)

- **Las Baterías de condensadores en paralelo** están formadas por dos o más escalones, o que estén conectados en paralelo al mismo nivel de tensión otras baterías de condensadores.

Esta situación es más crítica ya que normalmente sí que pueden existir valores de corriente de pico superiores a 100 veces la corriente nominal.

Para ello es imprescindible la utilización de reactancias de choque RMV.

Se prevé instalar una Batería de condensadores en paralelo de  $1.964,89 \cdot 10^3 \text{ VA}_R$  a 7.700 V, formada por 3 escalones de 150 kVAr y 3 de 500 kVAr.

- **La Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr** de la batería de condensadores de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr.

$$C_{\text{ESCALÓN}_150} = \frac{Q_{C\_ESCALÓN\_150}}{2 * \pi * f * (V_N)^2} \quad (2.8.4.43)$$

En donde:

$C_{\text{ESCALÓN}_150}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr (F).

$Q_{C\_ESCALÓN\_150}$  = Potencia reactiva de los escalones de 150 kVAr (VAR).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$V_N$  = Tensión nominal de los condensadores (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_{C\_ESCALÓN\_150} = 150 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_{\text{ESCALÓN}_150} = 8,0530 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- **La Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr** de la batería de condensadores de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr.

$$C_{\text{ESCALÓN}_500} = \frac{Q_{C\_ESCALÓN\_500}}{2 * \pi * f * (V_N)^2} \quad (2.8.4.43)$$

En donde:

$C_{\text{ESCALÓN}_500}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr (F).

$Q_{C\_ESCALÓN\_500}$  = Potencia reactiva de los escalones de 500 kVAr (VAR).

$f$  = Frecuencia de la red eléctrica a 50 ciclos (Hz).

$V_N$  = Tensión nominal de los condensadores (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_{C\_ESCALÓN\_500} = 500 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_{\text{ESCALÓN}_500} = 26,8435 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- **La Capacidad en paralelo equivalente de los escalones de 150 kVAr** de la batería de condensadores de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Capacidad en paralelo equivalente de los escalones de 150 kVAr.

$$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_150} = (N_{150} - 1) * C_{\text{ESCALÓN}_150} + (N_{500}) * C_{\text{ESCALÓN}_500} \quad (2.8.4.44)$$

En donde:

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_150}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 150 kVAr (F).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVAr.

$C_{\text{ESCALÓN}_150}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr (F).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVAr.

$C_{\text{ESCALÓN}_500}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr (F).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N_{150} = 3.$$

$$C_{\text{ESCALÓN}_150} = 8,0530 * 10^{-6} \text{ F.}$$

$$N_{500} = 3.$$

$$C_{\text{ESCALÓN}_500} = 26,8435 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_150} = 96,6365 * 10^{-6} \text{ F.}$$

- **La Capacidad en paralelo equivalente de los escalones de 500 kVAr** de la batería de condensadores de las naves del polígono industrial en conexión estrella.
- Capacidad en paralelo equivalente de los escalones de 500 kVAr.

$$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500} = (N_{150}) * C_{\text{ESCALÓN}_150} + (N_{500} - 1) * C_{\text{ESCALÓN}_500} \quad (2.8.4.45)$$

En donde:

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 500 kVAr (F).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVAr.

$C_{\text{ESCALÓN}_150}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr (F).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVAr.

$C_{\text{ESCALÓN}_{500}}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr (F).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$N_{150} = 3$ .

$C_{\text{ESCALÓN}_{150}} = 8,0530 * 10^{-6}$  F.

$N_{500} = 3$ .

$C_{\text{ESCALÓN}_{500}} = 26,8435 * 10^{-6}$  F.

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$C_{\text{EQUIVALENTE}_{\text{ESCALÓN}_{500}}} = 77,846 * 10^{-6}$  F.

- **La Inductancia propia en paralelo** de un conductor tipo de un metro de longitud se considera un valor medio en la situación más restrictiva de los escalones instalados en la batería de condensadores.

$L_{\text{PROPIA}_{150}} = 0,5 * 10^{-6}$  H/m.

$L_{\text{PROPIA}_{500}} = 0,5 * 10^{-6}$  H/m.

- **La Inductancia equivalente de los escalones en paralelo** es un valor promedio de las inductancias propias de los conductores tipo de un metro de longitud.

- Inductancia en paralelo equivalente de los escalones de 150 kVAr.

$$L_{\text{EQUIVALENTE}_{\text{ESCALÓN}_{150}}} = \frac{1}{(N_{150} - 1) * \frac{1}{L_{\text{PROPIA}_{150}}} + (N_{500}) * \frac{1}{L_{\text{PROPIA}_{500}}}} \quad (2.8.4.46)$$

En donde:

$L_{\text{EQUIVALENTE}_{\text{ESCALÓN}_{150}}}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 150 kVAr (H/m).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVAr.

$L_{\text{PROPIA}_{150}}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 150 kVAr (H/m).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVAr.

$L_{\text{PROPIA}_{500}}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 500 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$N_{150} = 3$ .

$L_{\text{PROPIA}_{150}} = 0,5 * 10^{-6}$  H/m.

$N_{500} = 3$ .



$$L_{PROPIA\_500} = 0,5 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150} = 0,1 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- **La Inductancia equivalente de los escalones en paralelo** es un valor promedio de las inductancias propias de los conductores tipo de un metro de longitud.
- Inductancia en paralelo equivalente de los escalones de 500 kVAr.

$$L_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500} = \frac{1}{(N_{150}) * \frac{1}{L_{PROPIA\_150}} + (N_{500} - 1) * \frac{1}{L_{PROPIA\_500}}} \quad (2.8.4.47)$$

En donde:

$L_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 500 kVAr (H/m).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVAr.

$L_{PROPIA\_150}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 150 kVAr (H/m).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVAr.

$L_{PROPIA\_500}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 500 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N_{150} = 3.$$

$$L_{PROPIA\_150} = 0,5 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

$$N_{500} = 3.$$

$$L_{PROPIA\_500} = 0,5 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500} = 0,1 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- **La Intensidad nominal de los escalones de 150 kVAr** supone la intensidad de funcionamiento de la batería en paralelo de condensadores en condiciones estables.
- Intensidad nominal de los escalones de 150 kVAr.

$$I_{N\_150} = \frac{Q_{C\_ESCALÓN\_150}}{\sqrt{3} * V_N} \quad (2.8.4.48)$$

En donde:

$I_{N\_150}$  = Intensidad nominal de los escalones de 150 kVAr (A).

$Q_{C\_ESCALÓN\_150}$  = Potencia reactiva de los escalones de 150 kVar (VAR).

$V_N$  = Tensión nominal de los escalones de 150 kVar (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_{C\_ESCALÓN\_150} = 150 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{N\_150} = 11,2471 \text{ A.}$$

- **La Intensidad nominal de los escalones de 500 kVar** supone la intensidad de funcionamiento de la batería en paralelo de condensadores en condiciones estables.
- Intensidad nominal de los escalones de 500 kVar.

$$I_{N\_500} = \frac{Q_{C\_ESCALÓN\_500}}{\sqrt{3} * V_N} \quad (2.8.4.48)$$

En donde:

$I_{N\_500}$  = Intensidad nominal de los escalones de 500 kVar (A).

$Q_{C\_ESCALÓN\_500}$  = Potencia reactiva de los escalones de 500 kVar (VAR).

$V_N$  = Tensión nominal de los escalones de 500 kVar (V).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$Q_{C\_ESCALÓN\_500} = 500 * 10^3 \text{ VAR.}$$

$$V_N = 7.700 \text{ V.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{N\_500} = 37,4903 \text{ A.}$$

- **La Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVar** supone la intensidad de pico de la batería en paralelo de condensadores en el arranque.
- Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVar.

$$I_{C\_150} = V_S * \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{C_{ESCALÓN\_150} * C_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}{C_{ESCALÓN\_150} + C_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}} * \frac{1}{L_{PROPIA\_150} + L_{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}} \quad (2.8.4.49)$$

En donde:

$I_{C\_150}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVar (A).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$C_{\text{ESCALÓN}_{150}}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr (F).

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{150}}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 150 kVAr (F).

$L_{\text{PROPIA}_{150}}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 150 kVAr (H/m).

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{150}}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 150 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_S = 7.000 \text{ V}$ .

$C_{\text{ESCALÓN}_{150}} = 8,0530 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{150}} = 96,6365 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$L_{\text{PROPIA}_{150}} = 0,5 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{150}} = 0,1 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C_{150}} = 20.117,5305 \text{ A}$ .

- **La Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr** supone la intensidad de pico de la batería en paralelo de condensadores en el arranque.

- Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr.

$$I_{C_{500}} = V_S * \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{C_{\text{ESCALÓN}_{500}} * C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{500}}}{C_{\text{ESCALÓN}_{500}} + C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{500}}} * \frac{1}{L_{\text{PROPIA}_{500}} + L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{500}}}} \quad (2.8.4.50)$$

En donde:

$I_{C_{500}}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr (A).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$C_{\text{ESCALÓN}_{500}}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr (F).

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{500}}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 500 kVAr (F).

$L_{\text{PROPIA}_{500}}$  = Inductancia propia paralelo del conductor tipo de escalones 500 kVAr (H/m).

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_{500}}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 500 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_S = 7.000 \text{ V}$ .

$C_{\text{ESCALÓN}_{500}} = 26,8435 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}} = 77,846 * 10^{-6} \text{ F.}$$

$$L_{\text{PROPIA\_500}} = 0,5 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

$$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}} = 0,1 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$I_{C\_500} = 32.965,7487 \text{ A.}$$

- **El Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.
- Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores de 150 kVAr.

$$p = \frac{I_{C\_150}}{I_{N\_150}} \quad (2.8.4.51)$$

En donde:

$p$  = Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de condensadores de 150 kVAr.

$I_{C\_150}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVAr (A).

$I_{N\_150}$  = Intensidad nominal de los escalones de 150 kVAr (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_{C\_150} = 20.117,5305 \text{ A.}$$

$$I_{N\_150} = 11,2471 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$p = 1.788,6860.$$

- **El Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.
- Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores de 500 kVAr.

$$p = \frac{I_{C\_500}}{I_{N\_500}} \quad (2.8.4.51)$$

En donde:

$p$  = Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de condensadores de 500 kVAr.

$I_{C\_500}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr (A).

$I_{N\_500}$  = Intensidad nominal de los escalones de 500 kVAr (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_{C\_500} = 32.965,7487 \text{ A.}$$

$$I_{N\_500} = 37,4903 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$p = 879,3141.$$

- **Se comprueba que el Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión** de los condensadores excede del límite permitido de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra, por lo que se deben incorporar reactancias de choque.

Las inductancias de choque más utilizadas poseen unos valores de 50, 100 y 150  $\mu\text{H/m}$ , aunque Circutor comercializa en su catálogo inductancias de choque de 30, 50, 100, 250, 350 y 450  $\mu\text{H/m}$ .

Las Reactancias de choque instaladas en la batería de condensadores son de 250  $\mu\text{H}$  para los escalones de 150 kVAr, mientras que de 100  $\mu\text{H}$  para los escalones de 500 kVAr.

Por lo tanto, las Reactancias de choque o de escalones sustituirán las Inductancias propias en paralelo de los conductores tipo en la fórmula de la Intensidad de cresta en la conexión para la batería de condensadores.

$$L_{\text{ESCALÓN\_150}} = 250 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

$$L_{\text{ESCALÓN\_500}} = 100 * 10^{-6} \text{ H/m.}$$

- **La Inductancia equivalente de los escalones en paralelo** es un valor promedio de las inductancias de choque instaladas en la batería de condensadores.
- Inductancia en paralelo equivalente de los escalones de 150 kVAr.

$$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}} = \frac{1}{(N_{150} - 1) * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN\_150}}} + (N_{500}) * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN\_500}}}} \quad (2.8.4.52)$$

En donde:

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 150 kVAr (H/m).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVAr.

$L_{\text{ESCALÓN\_150}}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 150 kVAr (H/m).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVAr.

$L_{\text{ESCALÓN}_500}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 500 kVar (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N_{150} = 3.$$

$$L_{\text{ESCALÓN}_150} = 250 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

$$N_{500} = 3.$$

$$L_{\text{ESCALÓN}_500} = 100 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_150} = 26,3158 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

- **La Inductancia equivalente de los escalones en paralelo** es un valor promedio de las inductancias de choque instaladas en la batería de condensadores.

- Inductancia en paralelo equivalente de los escalones de 500 kVar.

$$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500} = \frac{1}{(N_{150}) * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN}_150}} + (N_{500} - 1) * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN}_500}}} \quad (2.8.4.53)$$

En donde:

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 500 kVar (H/m).

$N_{150}$  = Número de escalones en paralelo de 150 kVar.

$L_{\text{ESCALÓN}_150}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 150 kVar (H/m).

$N_{500}$  = Número de escalones en paralelo de 500 kVar.

$L_{\text{ESCALÓN}_500}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 500 kVar (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$N_{150} = 3.$$

$$L_{\text{ESCALÓN}_150} = 250 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

$$N_{500} = 3.$$

$$L_{\text{ESCALÓN}_500} = 100 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500} = 31,25 * 10^{-6} \text{ H/m}.$$

- **La Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVar** supone la intensidad de pico de la batería en paralelo de condensadores en el arranque.

- Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVAr.

$$I_{C\_150} = V_S * \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{C_{\text{ESCALÓN\_150}} * C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}}{C_{\text{ESCALÓN\_150}} + C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}} * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN\_150}} + L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}}} \quad (2.8.4.54)$$

En donde:

$I_{C\_150}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVAr (A).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$C_{\text{ESCALÓN\_150}}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 150 kVAr (F).

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 150 kVAr (F).

$L_{\text{ESCALÓN\_150}}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 150 kVAr (H/m).

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 150 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_S = 7.000 \text{ V}$ .

$C_{\text{ESCALÓN\_150}} = 8,0530 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}} = 96,6365 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$L_{\text{ESCALÓN\_150}} = 250 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_150}} = 26,3158 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C\_150} = 937,4485 \text{ A}$ .

- **La Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr** supone la intensidad de pico de la batería en paralelo de condensadores en el arranque.

- Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr.

$$I_{C\_500} = V_S * \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{C_{\text{ESCALÓN\_500}} * C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}}}{C_{\text{ESCALÓN\_500}} + C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}}} * \frac{1}{L_{\text{ESCALÓN\_500}} + L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}}}} \quad (2.8.4.55)$$

En donde:

$I_{C\_500}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr (A).

$V_S$  = Tensión de servicio de la red (V).

$C_{\text{ESCALÓN\_500}}$  = Capacidad en paralelo de los escalones de 500 kVAr (F).

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN\_500}}$  = Capacidad paralelo equivalente en escalones de 500 kVAr (F).

$L_{\text{ESCALÓN}_500}$  = Inductancia paralelo de los escalones de 500 kVAr (H/m).

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500}$  = Inductancia paralelo equivalente de escalones a 500 kVAr (H/m).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$V_s = 7.000 \text{ V}$ .

$C_{\text{ESCALÓN}_500} = 26,8435 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$C_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500} = 77,846 * 10^{-6} \text{ F}$ .

$L_{\text{ESCALÓN}_500} = 100 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

$L_{\text{EQUIVALENTE\_ESCALÓN}_500} = 31,25 * 10^{-6} \text{ H/m}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$I_{C\_500} = 2.228,8914 \text{ A}$ .

- **El Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.
- Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores de 150 kVAr.

$$p = \frac{I_{C\_150}}{I_{N\_150}} \quad (2.8.4.51)$$

En donde:

$p$  = Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de condensadores de 150 kVAr.

$I_{C\_150}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 150 kVAr (A).

$I_{N\_150}$  = Intensidad nominal de los escalones de 150 kVAr (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$I_{C\_150} = 937,4485 \text{ A}$ .

$I_{N\_150} = 11,2471 \text{ A}$ .

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$p = 83,3502$ .

- **El Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores** debe quedar por debajo de 100 veces la intensidad nominal de la batería o escalón que se maniobra.



- Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de los condensadores de 500 kVAr.

$$p = \frac{I_{C\_500}}{I_{N\_500}} \quad (2.8.4.51)$$

En donde:

$p$  = Porcentaje de la Intensidad de cresta en la conexión de condensadores de 500 kVAr.

$I_{C\_500}$  = Intensidad de cresta en la conexión de los escalones de 500 kVAr (A).

$I_{N\_500}$  = Intensidad nominal de los escalones de 500 kVAr (A).

- Según los datos de partida identificados en los apartados anteriores.

$$I_{C\_500} = 2.228,8914 \text{ A.}$$

$$I_{N\_500} = 37,4903 \text{ A.}$$

- Una vez realizados los cálculos necesarios al sustituir los valores de partida identificados en los apartados anteriores, obtenemos el siguiente resultado.

$$p = 59,4525.$$

### 2.8.5 Resultados finales

En este apartado del proyecto se adjuntan los documentos utilizados para el diseño de los elementos que mitigan o eliminan las Pérdidas en las Líneas Eléctricas de la Red de Distribución en Media y Baja Tensión.

El **primer documento** es un resumen de los resultados finales generados con el software Matlab R2015a para el cálculo de la línea de distribución de MT L 9.

Esta línea de alimentación enlaza el Centro de Transformación 3 con el Centro de Seccionamiento (L 9).

Este ejemplo lo utilizaremos como muestra de los cambios presentes en las líneas de distribución de MT si consideramos las pérdidas por efecto Joule, antes y después de instalar la batería de condensadores en MT, la cual permite reducir al mínimo el consumo de potencia reactiva de la red de distribución en Media y Baja Tensión.

El **segundo archivo** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir calcular la previsión de carga en Baja Tensión cuando instalamos la batería de condensadores en MT, con el objetivo de mitigar las pérdidas por efecto Joule y reducir al mínimo la potencia reactiva.







































La previsión de carga en Baja Tensión permite calcular las características eléctricas más relevantes de los conductores de alimentación de las 35 naves industriales, situadas en el polígono industrial objeto del presente proyecto de ejecución.







































El **tercer documento** es una tabla diseñada con el software Microsoft Excel Profesional Plus 2016 para permitir analizar las conclusiones más relevantes en la instalación objeto del presente proyecto: Red de Distribución en Media Tensión, Baja Tensión y Alumbrado Público.







































La tabla de conclusiones de la instalación eléctrica indica la evolución del proyecto hasta conseguir los datos más característicos de la instalación eléctrica proyectada, pasando por la etapa inicial, presencia de armónicos de corriente y, la instalación compensada por medio del montaje de filtros armónicos de absorción y la batería de condensadores en MT.





















Las mejoras de la instalación eléctrica proyectada en la Red de Distribución en Media Tensión, Baja Tensión y Alumbrado Público se cuantifican en:

- Consumos eléctricos.
- Pérdidas por efecto Joule.
- Eficiencia energética.
- La calidad del suministro eléctrico.

Name 	Value
 angulo_l1	0.0595
 angulo_punto_1_grados	-3.1050
 angulo_punto_1_rad	-0.0542
 angulo_regulacion_grados	0.3037
 angulo_regulacion_rad	0.0053
 angulo_V1	0.0053
 angulo_V2	0
 B	228
 B_k	3.7070e-05
 Bc	0.0000e+00+3.9045e-04i
 C_k	1.1800e-07
 C_k_fabricante	4.3500e-07
 cdt	5
 Cte	2.0000e-04
 d	0.2500
 De	0.0360
 DeltaP	0.4314
 DeltaV	0.4167
 DeltaV_momento	0.4325
 DeltaV_momento_fabricante	0.4325
 Densidad_HEPRZ1_S240	0.1581
 Densidad_HEPRZ1_S240_cc	89
 Densidad_HEPRZ1_S240_tabla	2.3400
 Dmg	0.0949
 Eficiencia	99.5686
 fp	1
 fp_alumbrado	1
 fp_naves	1
 l1	75.8570+4.5182i
 l1_comprobacion	75.8570+4.5182i
 l1_modulo	75.9915
 l2	75.8687
 l2_modulo	75.8687
 lc	-0.0117+4.5182i
 lc1	37.9344+0.0000i
 lc2	-18.9672-32.8521i
 lc3	-18.9672+32.8521i

Name 	Value
 <b>lcarga</b>	<b>37.9344</b>
 lcc	21360
 lcc_fabricante	22560
 ltabla_fabricante	365
 lz_admisible	220.3538
 K	89
 K1	0.9700
 K2	0.7300
 K3	0.8300
 K4	0.9600
 K5	1.0700
 K_fabricante	94
 Kreductor	0.6037
 L	10.5326
 LambdaR1	0.0091
 LambdaR2	0.0091
 LambdaS1	-0.0045 - 0.0078i
 LambdaS2	-0.0045 - 0.0078i
 LambdaT1	-0.0045 + 0.0078i
 LambdaT2	-0.0045 + 0.0078i
 Lrmg	1.1945e-04
 <b>n</b>	<b>2</b>
 P	2628170
 P1	2.6396e+06
 P2	2628170
 <b>Pcarga</b>	<b>2628170</b>
 <b>Pcarga_alumbrado</b>	<b>7930</b>
 <b>Pcarga_alumbrado_VA</b>	<b>7930</b>
 <b>Pcarga_naves</b>	<b>2620240</b>
 <b>Pcarga_naves_VA</b>	<b>2620240</b>
 <b>Pcarga_VA</b>	<b>2628170</b>
 <b>Pmax</b>	<b>2.8366e+07</b>
 Q1	-1.4318e+05
 Q2	0
 r	0.0140
 R	0.6583
 R1R1	171.4140

Name 	Value
 R1R2	52.5882
 R1S1	-6.3051e+01-1.0921e+02i
 R1S2	-26.2941-45.5427i
 R1T1	-6.3051e+01+1.0921e+02i
 R1T2	-26.2941+45.5427i
 Req	0.0592
 Rk_momento	0.7225
 RI_2	0.3291
 RI_k	0.0625
 Rmg	0.0522
 Ro	28.2640
 rprima	0.0109
 <b>S</b>	<b>240</b>
 S1	2.6434e+06
 S2	2628170
 Sk_momento	39.1193
 <b>tcc</b>	<b>1.7343</b>
 tcc_fabricante	1.7343
 tcc_o	1
 theta_cc	250
 theta_grados	0
 theta_i	27.3709
 theta_o	25
 theta_rad	0
 theta_s	105
 V	20000
 V1	1.1595e+04+6.1455e+01i
 V1_comprobacion	1.1595e+04+6.1455e+01i
 V1_comprobacion_linea	2.0083e+04+1.0644e+02i
 V1_linea	2.0083e+04+1.0644e+02i
 V1_linea_modulo	2.0084e+04
 V2	2.0000e+04+0.0000e+00i
 V2_modulo	20000
 Vc	1.1572e+04+2.9986e+01i
 Vcarga	20000
 Xc	0.0000e+00-2.5612e+03i
 Xc_b	0.0000e+00-2.5612e+03i

Name 	Value
 Xc_fabricante	0.0000e+00-6.9475e+02i
 Xc_modulo	2.5612e+03
 Xc_modulo_fabricante	694.7474
 Xck	0.0000e+00-2.6976e+04i
 Xck_fabricante	0.0000e+00-7.3175e+03i
 Xk_momento	0.4000
 XI	0.0000 + 0.7905i
 XI_2	0.0000 + 0.3952i
 XI_fabricante	0.0000 + 1.0743i
 XI_k	0.0000 + 0.0751i
 XI_k_fabricante	0.0000 + 0.1020i
 XI_k_modulo	0.0751
 XI_k_modulo_fabricante	0.1020
 XI_k_rmg	0.0375
 XI_modulo	0.7905
 XI_modulo_fabricante	1.0743
 XI_rmg	0.0000 + 0.3952i
 XI_rmg_modulo	0.3952
 ZI_2	0.3291 + 0.3952i

PREVISIÓN DE CARGA NAVES CON PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE																																			
DERIVACIÓN INDIVIDUAL		FASES RST																																	
		INICIAL																									COMPENSADAS								
		Tensión (V)	Potencia (Kw)	Potencia (Kva)	cosφ	Ternos	Intensidad (A)	Intensidad cálculo (A)	K_total	Intensidad Tabla (A)	Sección Tabla (mm²)	Sección Mínima (mm²)	Longitud (m)	Cdt Máxima (%)	Sección Cálculo (mm²)	Sección Real (mm²)	Cdt Real (%)	Tubo (mm)	CGP (A)	LA	Resistencia (Ω)	Potencia Perdida (Kw)	Potencia Reactiva (Kva)	Potencia Asimetría (Kva)	Potencia Distorsión (Kva)	Potencia Aparente (Kva)	Eficiencia (%)	cosφ nuevo	Intensidad compensada (A)	Potencia Perdida (Kw)	Potencia Reactiva (Kva)	Potencia Asimetría (Kva)	Potencia Distorsión (Kva)	Potencia Aparente (Kva)	Eficiencia (%)
CT 1	Nave 1	400	36,09	42,46	0,85	1	61,28	63	0,51	119,30	16	10	71,88	1,40	25,01	35	1,00	110	160	1.1	0,037	0,41	22,37	0,00	0,00	42,46	85,00	1	52,09	0,299	0,00	0,00	0,00	36,09	100,00
	Nave 2	400	53,99	63,52	0,85	1	91,68	100	0,51	178,47	35	25	54,44	1,40	30,07	35	1,20	110	160	1.2	0,028	0,70	33,46	0,00	0,00	63,52	85,00	1	77,93	0,506	0,00	0,00	0,00	53,99	100,00
	Nave 6	400	61,07	71,85	0,85	1	103,70	125	0,51	201,87	50	25	20,21	1,40	13,95	50	0,39	125	160	1.3	0,007	0,23	37,85	0,00	0,00	71,85	85,00	1	88,15	0,168	0,00	0,00	0,00	61,07	100,00
	Nave 7	400	59,64	70,16	0,85	1	101,27	125	0,51	197,15	50	25	31,46	1,40	21,72	50	0,61	125	160	1.4	0,011	0,35	36,96	0,00	0,00	70,16	85,00	1	86,08	0,250	0,00	0,00	0,00	59,64	100,00
	Nave 8	400	59,24	69,69	0,85	1	100,59	125	0,51	195,82	50	25	46,46	1,40	32,08	50	0,90	125	160	1.5	0,017	0,50	36,71	0,00	0,00	69,69	85,00	1	85,51	0,364	0,00	0,00	0,00	59,24	100,00
	Nave 9	400	60,16	70,78	0,85	1	102,16	125	0,51	198,86	50	25	61,46	1,40	42,43	50	1,19	125	160	1.6	0,022	0,69	37,28	0,00	0,00	70,78	85,00	1	86,83	0,497	0,00	0,00	0,00	60,16	100,00
CT 2	Nave 3	400	68,67	80,79	0,85	1	116,61	125	0,51	226,99	50	35	52,47	1,40	36,22	50	1,01	125	160	2.1	0,019	0,76	42,56	0,00	0,00	80,79	85,00	1	99,12	0,552	0,00	0,00	0,00	68,67	100,00
	Nave 4	400	65,30	76,82	0,85	1	110,89	125	0,51	215,86	50	25	37,47	1,40	25,87	50	0,72	125	160	2.2	0,013	0,49	40,47	0,00	0,00	76,82	85,00	1	94,25	0,357	0,00	0,00	0,00	65,30	100,00
	Nave 5	400	62,72	73,79	0,85	1	106,50	125	0,51	207,33	50	25	26,22	1,40	18,10	50	0,51	125	160	2.3	0,009	0,32	38,87	0,00	0,00	73,79	85,00	1	90,53	0,230	0,00	0,00	0,00	62,72	100,00
	Nave 10	400	61,61	72,48	0,85	1	104,62	125	0,51	203,66	50	25	68,20	1,40	47,08	50	1,32	125	160	2.4	0,024	0,80	38,18	0,00	0,00	72,48	85,00	1	88,93	0,578	0,00	0,00	0,00	61,61	100,00
	Nave11	400	72,17	84,91	0,85	1	122,55	125	0,51	238,56	70	35	84,20	1,40	58,13	70	1,16	160	160	2.5	0,021	0,97	44,73	0,00	0,00	84,91	85,00	1	104,17	0,699	0,00	0,00	0,00	72,17	100,00
CT 5	Nave 12	400	79,85	93,94	0,85	1	135,59	160	0,51	263,95	70	35	41,95	1,40	37,07	70	0,74	160	160	5.1	0,011	0,59	49,49	0,00	0,00	93,94	85,00	1	115,25	0,426	0,00	0,00	0,00	79,85	100,00
	Nave 13	400	74,98	88,21	0,85	1	127,32	160	0,51	247,85	70	35	25,95	1,40	22,93	70	0,46	160	160	5.2	0,007	0,32	46,47	0,00	0,00	88,21	85,00	1	108,22	0,233	0,00	0,00	0,00	74,98	100,00
	Nave 14	400	79,38	93,39	0,85	1	134,79	160	0,51	262,40	70	35	14,70	1,40	12,99	70	0,26	160	160	5.3	0,004	0,20	49,20	0,00	0,00	93,39	85,00	1	114,58	0,148	0,00	0,00	0,00	79,38	100,00
	Nave 15	400	84,87	99,85	0,85	1	144,12	160	0,51	280,55	95	50	20,22	1,40	17,87	95	0,26	160	160	5.4	0,004	0,24	52,60	0,00	0,00	99,85	85,00	1	122,50	0,171	0,00	0,00	0,00	84,87	100,00
CT 6	Nave 16	400	90,75	106,76	0,85	1	154,10	160	0,51	299,98	95	50	23,20	1,40	20,50	95	0,30	160	160	6.1	0,004	0,31	56,24	0,00	0,00	106,76	85,00	1	130,99	0,224	0,00	0,00	0,00	90,75	100,00
	Nave 17	400	96,77	113,85	0,85	1	164,32	200	0,51	319,88	95	50	38,20	1,40	42,20	95	0,62	160	250	6.2	0,007	0,58	59,97	0,00	0,00	113,85	85,00	1	139,68	0,420	0,00	0,00	0,00	96,77	100,00
	Nave 18	400	51,50	60,59	0,85	1	87,45	100	0,51	170,24	35	25	53,00	1,40	29,27	35	1,17	110	160	6.3	0,027	0,62	31,92	0,00	0,00	60,59	85,00	1	74,33	0,448	0,00	0,00	0,00	51,50	100,00
	Nave 19	400	84,24	99,11	0,85	1	143,05	160	0,51	278,46	70	50	119,52	1,40	105,62	120	1,23	160	160	6.4	0,018	1,09	52,21	0,00	0,00	99,11	85,00	1	121,59	0,789	0,00	0,00	0,00	84,24	100,00
CT 3	Nave 20	400	124,90	146,94	0,85	1	212,09	250	0,51	412,87	150	70	81,50	1,40	112,53	150	1,05	160	250	3.1	0,010	1,31	77,41	0,00	0,00	146,94	85,00	1	180,28	0,946	0,00	0,00	0,00	124,90	100,00
	Nave 21	400	102,14	120,16	0,85	1	173,44	200	0,51	337,63	120	70	66,50	1,40	73,46	120	0,86	160	250	3.2	0,010	0,89	63,30	0,00	0,00	120,16	85,00	1	147,43	0,645	0,00	0,00	0,00	102,14	100,00
	Nave 22	400	99,59	117,16	0,85	1	169,11	200	0,51	329,20	95	50	51,50	1,40	56,89	95	0,84	160	250	3.3	0,010	0,83	61,72	0,00	0,00	117,16	85,00	1	143,75	0,600	0,00	0,00	0,00	99,59	100,00
CT 4	Nave 23	400	96,72	113,79	0,85	1	164,24	200	0,51	319,72	95	50	48,09	1,40	53,12	95	0,78	160	250	4.1	0,009	0,73	59,94	0,00	0,00	113,79	85,00	1	139,60	0,529	0,00	0,00	0,00	96,72	100,00
	Nave 24	400	92,80	109,18	0,85	1	157,58	160	0,51	306,76	95	50	33,13	1,40	29,28	95	0,43	160	160	4.2	0,006	0,46	57,51	0,00	0,00	109,18	85,00	1	133,95	0,335	0,00	0,00	0,00	92,80	100,00
	Nave 25	400	88,00	103,53	0,85	1	149,43	160	0,51	290,89	95	50	21,88	1,40	19,34	95	0,28	160	160	4.3	0,004	0,28	54,54	0,00	0,00	103,53	85,00	1	127,02	0,199	0,00	0,00	0,00	88,00	100,00
	Nave 29	400	48,32	56,85	0,85	1	82,05	100	0,51	159,73	25	16	95,16	1,40	52,56	70	1,05	160	160	4.4	0,024	0,49	29,95	0,00	0,00	56,85	85,00	1	69,74	0,354	0,00	0,00	0,00	48,32	100,00
CT 7	Nave 26	400	92,39	108,69	0,85	1	156,89	160	0,51	305,40	95	50	136,26	1,40	120,41	150	1,12	160	160	7.1	0,016	1,20	57,26	0,00	0,00	108,69	85,00	1	133,35	0,865	0,00	0,00	0,00	92,39	100,00
	Nave 27	400	64,05	75,35	0,85	1	108,76	125	0,51	211,72	50	25	112,26	1,40	77,50	95	1,14	160	160	7.2	0,021	0,75	39,69	0,00	0,00										

CONCLUSIONES INSTALACIÓN ELÉCTRICA												
Características Técnicas		INICIAL			ARMÓNICOS			COMPENSADA			PROYECTADA	
		ALUMBRADO	NAVES	MEDIA TENSIÓN	ALUMBRADO	NAVES	MEDIA TENSIÓN	ALUMBRADO	NAVES	MEDIA TENSIÓN	RESULTADO	MEJORA (%)
Prámetros Partida	Tensión (V)	230,940	400	20000	230,940	400	20000	230,940	400	20000	20000	NA
	Intensidad (A)	35,769	4449,401	44,629	37,009	4449,401	44,633	34,338	3781,991	37,934	37,934	15,01%
	Ternos	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	NA
	cos $\varphi$	0,96	0,85	0,85	0,96	0,85	0,85	1	1	1	1	15,00%
Potencia	Potencia Activa (KW)	7,930	2620,240	2628,170	8,205	2620,240	2628,445	7,930	2620,240	2628,170	2628,170	0,01%
	Potencia Reactiva (KVAI)	2,313	1623,879	1628,793	2,393	1623,879	1628,964	0,000	0,000	0,000	0,000	100,00%
	Potencia Asimetría (KVAa)	0,000	0,000	0,000	0,202	0,000	0,000	0,184	0,000	0,000	0,184	8,91%
	Potencia Distorsión (KVAd)	0,000	0,000	0,000	2,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,00%
	Potencia Aparente (KVA)	8,260	3082,635	3091,965	8,826	3082,635	3092,288	7,932	2620,240	2628,170	2628,170	15,01%
	Potencia Perdida Método en T (KW)	0,028	20,633	15,243	0,030	20,639	15,248	0,027	15,347	11,338	26,711	25,63%
	Potencia Perdida Joule (KW)	0,027	19,943	14,734	0,029	19,943	14,734	0,025	14,409	10,645	25,079	27,74%
Filtro Armónico 1 (10)	C3 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,156	NA	NA	1,156	NA
	C5 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,749	NA	NA	0,749	NA
	C7 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,546	NA	NA	0,546	NA
	L3 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,974	NA	NA	0,974	NA
	L5 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,541	NA	NA	0,541	NA
	L7 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,379	NA	NA	0,379	NA
Filtro Armónico 2 (2)	C3 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,272	NA	NA	1,272	NA
	C5 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,824	NA	NA	0,824	NA
	C7 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,601	NA	NA	0,601	NA
	L3 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,885	NA	NA	0,885	NA
	L5 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,492	NA	NA	0,492	NA
	L7 (H)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,344	NA	NA	0,344	NA
Batería Condensadores	C1 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,922	12,922	NA
	C2 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,922	12,922	NA
	C3 ( $\mu$ F)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,922	12,922	NA
Eficiencia (%)	Porcentaje Insatallación (%)	0,30%	99,70%	100,00%	0,31%	99,69%	100,00%	0,30%	99,70%	100,00%	100,00%	NA
	Resultado (%)	96,00%	85,00%	85,00%	92,96%	85,00%	85,00%	99,97%	100,00%	100,00%	100,00%	14,98%

Tabla 2.8.5.2 – Conclusiones instalación eléctrica



**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

	Páginas
2.9 ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	591
2.9.1 MEMORIA .....	591
2.9.1.1 Objeto .....	591
2.9.1.2 Campo de aplicación .....	592
2.9.1.3 Metodología y desarrollo del estudio .....	592
2.9.1.4 Identificación de riesgos .....	598
2.9.1.5 Riesgos laborales evitables completamente .....	612
2.9.1.6 Riesgos laborales no eliminables completamente .....	612
2.9.1.7 Trabajos laborales especiales .....	615
2.9.2 PLIEGO DE CONDICIONES .....	616
2.9.2.1 Legislación y normas de seguridad aplicables en la obra .....	616
2.9.2.2 Consideraciones de los equipos de protección colectiva e individual .....	618
2.9.2.3 Condiciones de seguridad de los medios auxiliares de máquinas y equipos .....	619
2.9.2.4 Formación e información a los trabajadores .....	621
2.9.2.5 Acciones a seguir y comunicaciones inmediatas en caso de accidente laboral .....	621
2.9.2.6 Plan de seguridad y salud y, libro de incidencias .....	623
2.9.2.7 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en seguridad y salud .....	625
2.9.2.8 Seguro de responsabilidad civil y patronal .....	626
2.9.2.9 Subcontratación .....	627
2.9.3 PLANOS DE SEGURIDAD .....	627
2.9.4 MEDICIONES .....	637
2.9.5 PRESUPUESTO .....	647
2.9.5.1 Cuadro de precios número 1, precios unitarios .....	647
2.9.5.2 Cuadro de precios número 2, precios descompuestos .....	658
2.9.5.3 Presupuestos parciales .....	668
2.9.5.4 Resumen del presupuesto .....	679

## **2.9 ANEXO 9: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, y más en concreto en su Artículo 4, Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos que más abajo se exponen.

En concreto, para la realización de este proyecto, los supuestos específicos que obligarían a que se elabore un Estudio de Seguridad y Salud y no un Estudio Básico de Seguridad y Salud serían:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.760 euros.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

### **2.9.1 MEMORIA**

El Estudio de Seguridad y Salud o en su defecto el Estudio Básico de Seguridad y Salud se adjuntará como documento adicional del Proyecto Específico.

Al darse alguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del RD 1627/1997, el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.760 euros, se redacta el presente Estudio de Seguridad y Salud.

#### **2.9.1.1 Objeto**

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997 (y modificaciones según RD 604/2006), por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello.

La relación de los riesgos que no pueden eliminarse se especificará con las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo este Estudio de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, (y modificaciones según RD 604/2006), de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas a los trabajadores a través de los representantes.

No obstante, deberá informarse directamente a cada trabajador de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

En base a este Estudio de Seguridad y Salud, y al artículo 7 del RD 1627/1997, disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención con la correspondiente justificación técnica, en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato, sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos.

#### **2.9.1.2 Campo de aplicación**

El presente Estudio de Seguridad y Salud se aplica en las obras de construcción de la Redes de distribución en Media y Baja tensión y, Alumbrado Público, así como sus infraestructuras eléctricas necesarias para la puesta en funcionamiento del Polígono Industrial “Ártabro”.

#### **2.9.1.3 Metodología y desarrollo del estudio**

##### **❖ Aspectos generales.**

El Contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y, que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados (asistencia primaria y asistencia especializada).

La dirección de estos Servicios asistenciales deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Los centros asistenciales objeto del presente proyecto serán los que se enumeran a continuación:

- Complejo hospitalario Arquitecto Marcide – Novoa Santos.

Carretera de San Pedro, s/n. Ferrol. A coruña. Teléfono: 981-334000.

- Hospital general Juan Cardona.  
Carretera de Caranza, s/n. Ferrol. A coruña. Teléfono: 981-322470, 981-311250.
- Centro de salud de Narón.  
Calle 25 de Xullo, s/n. Narón. A coruña. Teléfono: 981-385860, 981-382797.
- Complejo hospitalario Juan Canalejo.  
As Jubias de Arriba nº 84. A coruña. Teléfono: 981-178000

Este listado de teléfonos debe permanecer en las casetas de obra dentro de la misma durante el periodo de los trabajos y, en sitio visible para todo el personal.

El traslado de los posibles accidentados en la obra, se realizaría en ambulancia o en vehículo particular, y se llevaría a cabo a través de vías lo más rápidas posibles, al objeto de que la duración del trayecto desde la obra al Centro de atención, en condiciones normales de tráfico, no exceda de diez o quince minutos.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operarios claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección para tener en cuenta.

Los mandos deben cerciorarse de que todos los operarios lo han entendido.

#### ❖ **Identificación de riesgos.**

En función de las tareas a realizar y de las distintas fases de trabajos de que se compone la obra, aparecen una serie de riesgos asociados ante los cuales se deberá adoptar unas medidas preventivas.

A continuación, se enumeran las distintas fases, o tareas significativas de la obra, Identificación y Prevención de riesgos, y serán descritas detalladamente en fases posteriores en el presente estudio de seguridad y salud.

#### ❖ **Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.**

Con carácter general, las medidas de protección y las acciones tendentes a evitar o disminuir los riesgos en los trabajos, se indican a continuación:

- Protecciones y medidas preventivas colectivas, según normativa vigente relativa a equipos y medios de seguridad colectiva.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Prohibir la entrada a la obra a todo el personal ajeno.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.

- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como puntos singulares en el interior de esta.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Controlar que la carga de los camiones no sobrepase los límites establecidos y reglamentarios.
- Utilizar andamios y plataformas de trabajo adecuados.
- Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de otros trabajos.

❖ **Protecciones.**

• **Ropa de trabajo.**

La ropa de trabajo será la adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista.

• **Equipos de protección.**

Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente en los trabajos que se desarrollan para Unión Fenosa Distribución.

El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajo.

○ **Equipos de protección individual (EPI), de acuerdo con las normas UNE EN.**

- Calzado de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad BT y AT.
- Guantes de protección mecánica.
- Pantalla contra proyecciones.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Discriminador de baja tensión.

○ **Protecciones colectivas.**

- Señalización: cintas, banderolas, etc.
- Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar.

• **Equipo de primeros auxilios.**

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del RD 486/1997, se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín portátil debidamente señalizado y de fácil

acceso, con los medios necesarios para realizar curas de urgencia de primeros auxilios en caso de accidente, que estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa contratista.

Contendrá, de forma orientativa: Agua oxigenada; alcohol de 96 grados; tintura de iodo; “mercurocromo” o “cristalmina”; amoníaco; gasa estéril; algodón hidrófilo estéril; esparadrapo antialérgico; torniquetes antihemorrágicos; bolsa para agua o hielo; guantes esterilizados; termómetro clínico; apósitos autoadhesivos; antiespasmódicos; analgésicos; tónicos cardíacos de urgencia y jeringuillas desechables.

El material empleado se repondrá inmediatamente, y al menos una vez al mes, se hará revisión general del botiquín, desechando aquellos elementos que estén en mal estado o caducados.

La ubicación del botiquín debe estar suficientemente señalizada.

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la obra, en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

- **Equipo de protección contra incendios.**

Extintores de polvo seco clase A, B, C.

- ❖ **Reconocimientos médicos.**

Todos los trabajadores pasarán como mínimo un reconocimiento médico con carácter anual.

El personal eventual antes de su entrada en la obra habrá pasado un reconocimiento médico.

Asimismo, cuando los trabajadores vayan a realizar tareas que entrañen riesgos especiales (por ejemplo, trabajos en altura) deberán pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para realizar dichas tareas.

El resultado de estos reconocimientos está clasificado acorde a los dos siguientes grupos:

- Apto para todo tipo de trabajo.
- Apto con ciertas limitaciones.

- ❖ **Características generales de la obra.**

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

- **Descripción de la obra y situación.**

La situación de la obra a realizar y el tipo de esta se recoge en el documento de Memoria del presente proyecto.

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía.

- **Suministro de energía eléctrica.**

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, la Propiedad, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra, ya sea mediante una línea auxiliar o mediante equipos generadores de electricidad cuando las condiciones así lo requieran.

- **Suministro de agua potable.**

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc., previa consulta a la Propiedad sobre la posible conexión en el emplazamiento de la obra.

En el caso de que esto no sea posible, dispondrán de los medios necesarios que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

- **Servicios higiénicos.**

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios.

Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en las inmediaciones de la ubicación de las obras, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

Por lo tanto, en caso de no existir red de alcantarillado, se dispondrá de una fosa séptica provisional, con capacidad adecuada, desde el principio de las obras a la cual se conducirán las aguas sucias de los servicios higiénicos.

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el RD 1627/1997 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

Se dispondrá de un local, con dos salas, para aseos y vestuarios.

En ellos, en aras de la conservación y limpieza, los suelos y paredes serán continuos, lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos, con la frecuencia necesaria.



Todos los elementos, tales como grifos, desagües, alcachofas de duchas, etc., estarán en perfecto estado de funcionamiento y los bancos y taquillas aptos para su utilización.

Todos los locales estarán dotados de luz, calefacción y suficiente ventilación.

○ **Dotación de aseos.**

Por cada 10 trabajadores los aseos estarán equipados como mínimo por:

- Un lavabo con espejo, agua corriente fría y caliente.
- Una ducha con agua corriente fría y caliente.
- Un inodoro con carga y descarga automática de agua, con papel higiénico.
- Perchas y jaboneras.

○ **Dotación de vestuarios.**

La sala destinada a los vestuarios estará lo suficientemente dimensionada para cubrir las necesidades previstas.

Cada módulo para 25 trabajadores estará equipado como mínimo con:

- Dos metros cuadrados por cada trabajador.
- Una taquilla metálica con cerradura por cada trabajador.
- Bancos de madera corridos.
- Espejos.

❖ **Servidumbre y condicionantes.**

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que, si la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo.

No obstante, de acuerdo con el artículo 3 de RD 1627/1997, si interviene más de una empresa en la ejecución del proyecto, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, el cual le corresponde elaborar o hacer que se elabore, bajo su responsabilidad, dicho Estudio de Seguridad y Salud.

Esta designación debería ser objeto de un contrato expreso.

● **Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.**

El apartado 6 del artículo 5 del RD 1627/1997, establece que en el Estudio de Seguridad y Salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

Entre otras previsiones e informaciones útiles se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos posteriores de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios.

Además, en el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación de los edificios del Centro de Seccionamiento y los Centros de Transformación en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas).
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes).
- Pasarelas de limpieza.

#### **2.9.1.4 Identificación de riesgos**

##### **❖ Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.**

##### **• Los oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:**

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica.
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.

- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.
- **Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:**
  - Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
  - Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramientas y maquinaria pesada en general.
  - Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
  - Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
  - Los derivados de los trabajos pulverulentos.
  - Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
  - Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
  - Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
  - Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
  - Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
  - Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
  - Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
  - Cuerpos extraños en los ojos, etc.
  - Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
  - Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.

- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

❖ **Medidas preventivas de carácter general.**

- Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).
- Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc.).
- Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.
- El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.
- El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc.) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.
- Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.
- Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

- La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.
- El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.
- Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.
- Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.
- Se tratará de que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.
- Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.
- Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.
- La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.
- Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.
- Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.
- El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.
- Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.
- Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales)

- y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).
- Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
  - El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.
  - En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.
  - Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.
- ❖ **Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.**
- **Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.**
    - Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
    - Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.
    - Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.
    - La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.
    - Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.
    - Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.
    - La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.
    - Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

- El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.
- Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m, se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.
- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.
- **En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:**
  - Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
  - La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.
  - La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra queda fijada en 5 m, en zonas accesibles durante la construcción.
  - Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.
- **Relleno de tierras.**
  - Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.
  - Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.
  - Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
  - Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.
  - Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.
- **Encofrados.**
  - Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonés, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.
  - El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

- Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada se extraerán o remacharán, según casos.
- Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.
- **Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.**
  - Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1,50 m.
  - Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.
  - Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.
  - Se prohíbe trepar por las armaduras, en cualquier caso.
  - Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.
  - Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenos o vigas.
- **Trabajos de manipulación del hormigón.**
  - Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.
  - Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m del borde de la excavación.
  - Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
  - Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.
  - La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
  - Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.
  - El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado".



- En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.
- Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.
- **Instalación eléctrica provisional de obra.**
  - El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
  - El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.
  - Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.
  - La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
  - El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
  - Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.
  - Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
  - Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
  - Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
  - Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.
  - Las maniobras por ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.
  - Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.
  - La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.
  - Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- Alimentación a la maquinaria (300 mA).
- Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad (30 mA).
- Para las instalaciones eléctricas de alumbrado (30 mA).
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:
  - Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
  - La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m, medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
  - La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
  - Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
- No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.
- No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.
- No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.
- **Protectores de la cabeza.**
  - Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
  - Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
  - Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
  - Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
  - Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

- **Protectores de manos y brazos.**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para MT y BT.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

- **Protectores de pies y piernas.**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para MT y BT.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

- **Protectores del cuerpo.**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de MT y BT.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de MT y BT.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

- ❖ **Medidas preventivas para instalaciones eléctricas de Media y Baja Tensión.**

A continuación, se recogen las medidas específicas para cada una de las fases nombradas anteriormente, que comprenden la construcción de instalaciones eléctricas de Media y Baja Tensión.

- **Transporte y acopio de materiales.**

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales al lugar de realización de la obra.

Los vehículos deben cumplir exactamente lo estipulado en el Código de Circulación.

○ **Riesgos asociados.**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes de circulación.
- Caída de objetos.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Atrapamiento.
- Confinamiento.
- Condiciones ambientales y de señalización.

○ **Medidas preventivas.**

- Inspección del estado del terreno.
  - Utilizar los pasos y vías existentes.
  - Limitar la velocidad de los vehículos.
  - Delimitación de los puntos peligrosos (zanjas, calas, pozos, etc.).
  - Respetar zonas señalizadas y delimitadas.
  - Exigir y mantener un orden.
  - Precaución en transporte de materiales.
- Protecciones individuales para utilizar.
- Guantes de protección.
  - Casco de seguridad.
  - Botas de seguridad.

○ **Otros aspectos para considerar.**

En cuanto al Acopio de material, hay que tener en cuenta, que antes de realizarlo se deberá realizar un reconocimiento del terreno, con el fin de escoger el mejor camino para llegar a los puntos de ubicación de los Apoyos, o bien limpiar o adecuar un camino.

Los caminos, pistas o veredas acondicionadas para el acopio del material deberán ser lo suficientemente anchos para evitar roces y choques, con ramas, árboles, piedras, etc.

El almacenamiento de los materiales se deberá realizar de tal manera que estos no puedan producir derrumbamientos o deslizamientos. Se procurará seguir la siguiente clasificación:

- Áridos, cemento y gravas en filas y montones de no más de un metro.

- Cajas de aisladores se depositarán unas sobre otras sin que se rebase el metro de altura, se colocarán cuñas laterales para evitar deslizamientos o derrumbes.
- Herrajes para en armado de los apoyos y tortillería necesaria se depositará clasificando los hierros de mayor a menor dimensión, procurando no apilar cantidades excesivas.
- **Movimiento de tierras, apertura de zanjas y reposición de pavimento.**
  - **Riesgos asociados.**
    - Caída a las zanjas.
    - Desprendimiento de los bordes de los taludes de las rampas.
    - Atropellos causados por la maquinaria.
    - Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.
  - **Medidas preventivas.**
    - Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
    - Prohibir la permanencia del personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
    - Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y máquinas en movimiento.
    - Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
    - Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
    - Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
    - Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
    - Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de esta.
    - Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
    - Dotar de la adecuada protección al personal y velar por su utilización.
    - Establecer las entibaciones en las zonas que sean necesarias.
- **Cercanía a las líneas de alta, media y baja tensión.**
  - **Riesgos asociados.**
    - Caída de personas al mismo nivel.
    - Caída de personas a distinto nivel.
    - Caída de objetos.

- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Choques y golpes.
- Proyecciones.
- Contactos eléctricos.
- Arco eléctrico.
- Explosiones.
- Incendios.
- **Medidas preventivas.**
  - En proximidad de líneas aéreas, no superar las distancias de seguridad.
  - Colocación de barreras y dispositivos de balizamiento.
  - Zona de evolución de la maquinaria delimitada y señalizada.
  - Estimación de las distancias por exceso.
  - Solicitar descargo cuando no puedan mantenerse distancias.
  - Distancias específicas para personal no facultado a trabajar en instalaciones eléctricas.
  - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes.
  - Distancias, cruzamientos, paralelismos según ITC-BT-07 del RBT.
  - Puestas a tierra en buen estado.
  - Apoyos con interruptores, seccionadores: conexión a tierra de las carcasas y partes metálicas de los mismos.
  - Tratamiento químico del terreno si hay que reducir la resistencia de la toma de tierra.
  - Comprobación en el momento de su establecimiento y revisión cada seis años.
  - Terreno no favorable: descubrir cada nueve años.
  - Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.
  - Protección contra sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.
  - Solicitar permisos de Trabajos con riesgos especiales.
- **Protecciones colectivas para utilizar.**
  - Circuito de puesta a tierra.

- Protección contra sobreintensidades, (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos.)
- Protección contra sobretensiones, (pararrayos).
- Señalizaciones y delimitación.
- Protecciones individuales para utilizar:
  - Guantes aislantes.
  - Casco.
  - Botas de seguridad.
  - Gafas de protección.
- **Tendido, empalme y terminales de conductores subterráneos.**
  - **Riesgos asociados.**
    - Caídas de altura de personas.
    - Cortes en las manos.
    - Caídas de objetos a distinto nivel (herramientas, tornillos, etc.).
    - Electrocuci3nes por contacto indirecto.
    - Sobresfuerzos.
    - Contacto con elementos candentes.
    - Vuelco de maquinaria.
    - Atrapamientos.
  - **Medidas preventivas.**
    - Utilización de casco, guantes y calzado adecuado.
    - Emplear bolsas portaherramientas.
    - Dotar de adecuada protección personal y velar por su utilización.
    - Acondicionamiento de la zona de ubicación y anclaje correcto de las máquinas de tracción.
    - Control de maniobras y vigilancia continuada.
    - Utilizar fajas de protección lumbar.

### **2.9.1.5 Riesgos laborales evitables completamente**

La siguiente relación de riesgos laborales que se presentan, son considerados totalmente evitables mediante la adopción de las medidas técnicas que precisen:

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Neutralización de las instalaciones existentes.
- Presencia de líneas eléctricas de alta y baja tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

### **2.9.1.6 Riesgos laborales no eliminables completamente**

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos.

La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

#### **❖ Toda la obra.**

##### **• Riesgos más frecuentes:**

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Ambientes pulvígenos.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.

##### **• Medidas preventivas y protecciones colectivas:**

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.



- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1 m) a líneas eléctricas de BT.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de AT.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
- Señalización de la obra (señales y carteles).
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2 m.
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B.
- Evacuación de escombros.
- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.
- **Equipos de protección individual:**
  - Cascos de seguridad.
  - Calzado protector.
  - Ropa de trabajo.
  - Casquetes antirruidos.
  - Gafas de seguridad.
  - Cinturones de protección.
- ❖ **Movimientos de tierras.**
  - **Riesgos más frecuentes:**
    - Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
    - Caídas de materiales transportados.
    - Caídas de operarios al vacío.
    - Atrapamientos y aplastamientos.
    - Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.

- Ruidos, Vibraciones.
- Interferencia con instalaciones enterradas.
- Electrocutaciones.
- **Medidas preventivas y protecciones colectivas:**
  - Observación y vigilancia del terreno.
  - Limpieza de bolos y viseras.
  - Achique de aguas.
  - Pasos o pasarelas.
  - Separación de tránsito de vehículos y operarios.
  - No acopiar junto al borde de la excavación.
  - No permanecer bajo el frente de excavación.
  - Barandillas en bordes de excavación (0,9 m).
  - Acotar las zonas de acción de las máquinas.
  - Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos.

❖ **Montaje y puesta en tensión.**

- **Descarga y montaje de elementos prefabricados y no prefabricados.**

- **Riesgos más frecuentes:**

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

- **Medidas preventivas y protecciones colectivas:**

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.

- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.
- Apantallamiento de líneas eléctricas de AT y BT.
- Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
- Flecha recogida en posición de marcha.
- **Puesta en tensión.**
  - **Riesgos más frecuentes:**
    - Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT.
    - Arco eléctrico en AT y BT.
    - Elementos candentes y quemaduras.
  - **Medidas preventivas y protecciones colectivas:**
    - Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
    - Apantallar los elementos de tensión.
    - Enclavar los aparatos de maniobra.
    - Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
    - Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.
  - **Protecciones individuales:**
    - Calzado de seguridad aislante.
    - Herramientas de gran poder aislante.
    - Guantes eléctricamente aislantes.
    - Pantalla que proteja la zona facial.

### **2.9.1.7 Trabajos laborales especiales**

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el Anexo II del RD 1627/1997.

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalizar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados y no prefabricados pesados.

### **2.9.2 PLIEGO DE CONDICIONES**

El Pliego de condiciones particulares tendrá en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

#### **2.9.2.1 Legislación y normas de seguridad aplicables en la obra**

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Ley 31/ 1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/ 2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo por el que se modifican los RD 1627/1997 y RD 39/1997.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

- Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Orden de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

#### **2.9.2.2 Consideraciones de los equipos de protección colectiva e individual**

##### **❖ Equipos de protección colectiva.**

- Las diversas protecciones colectivas para utilizar en la obra tendrán una calidad adecuada a las prestaciones exigidas, debiendo garantizar su eficacia mediante certificado del fabricante o bien por cálculos y ensayos justificativos realizados al efecto.
- Las protecciones colectivas se ajustarán a lo dispuesto en las Disposiciones Legales y Reglamentos Vigentes.
- Todos los elementos de protección colectiva tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose al término de este.
- Si por cualquier circunstancia, sea desgaste, uso o deterioro por acción mecánica, un elemento de protección colectiva sufriera algún deterioro, se repondrá de inmediato, haciendo caso omiso de su periodo de vida útil.
- Los trabajadores serán debidamente instruidos respecto a la correcta utilización de los diferentes elementos de protección colectiva.
- Las protecciones colectivas estarán disponibles en obra para su oportuna utilización en las respectivas zonas donde puedan ser necesitadas.

### ❖ Equipos de protección individual.

Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra cumplirán las siguientes condiciones generales:

- Tendrán la marca “CE”, según las normas de Equipos de Protección Individual.
- Su utilización se realizará cumpliendo con el contenido del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo: Utilización de equipos de protección individual.
- Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto primero de este apartado tienen autorizado su uso durante su período de vigencia.
- Todo equipo de protección individual en uso que esté deteriorado o roto será reemplazado de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- Las variaciones de medición de los equipos de protección individual que puedan aparecer en cada plan de seguridad y salud que presenten los diversos contratistas, deberán justificarse técnicamente ante el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Si la justificación no es aceptada, el plan no podrá ser aprobado.
- Se recuerda que, en aplicación de los Principios de Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no puede ser sustituida una protección colectiva prevista en este Estudio de Seguridad y Salud por el uso de equipos de protección individual.

### ❖ Señalización de la obra.

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo, que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

#### **2.9.2.3 Condiciones de seguridad de los medios auxiliares de máquinas y equipos**

De acuerdo con el artículo 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas obtendrán de los fabricantes y proveedores todas las especificaciones técnicas,

normas y material impreso que incluyan las correspondientes características técnicas de toda la maquinaria, equipos, herramientas, dispositivos y equipos de protección personal a utilizar en las obras.

La información facilitada por los fabricantes y proveedores deberá incluir:

- Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Los contratistas mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (información técnica) especificadas en el párrafo anterior.
- Todos los empleados de los contratistas recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.
- Cada contratista facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.
- El Encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de estos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, así como, verificará que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.
- Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.
- El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.
- Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.
- Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca “CE”, cada contratista adjudicatario, en el momento de efectuar el estudio para presentación de la oferta de ejecución de la obra, debe tenerlos presentes e intentar incluirlos, porque son por sí mismos, más seguros que los que no la poseen.



#### **2.9.2.4 Formación e información a los trabajadores**

Cada contratista adjudicatario está legalmente obligado a formar en un método de trabajo correcto y seguro a todo el personal a su cargo, de tal forma que los trabajadores que realicen trabajos en las obras deberán tener conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, así como de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios.

Asimismo, todos los trabajadores deberán conocer y estar informados sobre el Plan de Seguridad y Salud específico de la obra, como paso previo a su incorporación al trabajo.

El adjudicatario acreditará que el personal que aporte, posee la formación, la experiencia y el nivel profesional adecuado a los trabajos a realizar.

Esta acreditación se indicará especialmente y de forma diferenciada con respecto al resto de los trabajadores, para los trabajadores autorizados y cualificados según criterios del RD 614/2001.

Los trabajos que se realicen en tensión y en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios, según criterios del RD 614/2001.

#### **2.9.2.5 Acciones a seguir y comunicaciones inmediatas en caso de accidente laboral**

##### **❖ Acciones para seguir en caso de accidente laboral.**

Cuando un trabajador de una Empresa contratada conozca la existencia de un accidente, procurará el auxilio inmediato que esté a su alcance y lo comunicará, a la mayor brevedad posible:

- A la asistencia médica más cercana, al jefe de obra del contratista y/o a la Dirección Facultativa de la empresa.

El jefe de obra tomará las medidas a su alcance para evitar daños mayores a las personas e instalaciones.

Los accidentes serán notificados a la autoridad laboral en los plazos y términos requeridos por las normas oficiales.

Cada contratista adjudicatario, en cumplimiento del Anexo IV, punto 14, del RD 1627/1997, tendrá en cuenta los siguientes principios sobre primeros auxilios:

- El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones.

- En caso de caídas a distinto nivel y de accidentes de carácter eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves y, en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.
- En caso de gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia; se evitarán en lo posible, según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.
- Cada contratista adjudicatario comunicará, a través del Plan de seguridad y salud que elabore, el nombre y dirección del centro asistencial más próximo previsto para la asistencia sanitaria de los accidentados.
- Cada contratista adjudicatario instalará carteles informativos en la obra que suministren a los trabajadores y resto de personas participantes en la obra, la información necesaria para conocer el centro asistencial, su dirección, teléfonos de contacto, mutua de accidentes concertada, etc.

#### ❖ **Comunicaciones inmediatas en caso de accidente.**

En caso de que se produzca un accidente en la obra, el responsable del contratista al que pertenezca el trabajador accidentado (contrata y/o subcontrata) está obligado a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el cuadro siguiente:

- **Accidentes de tipo leve:**
  - Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).
  - A la Mutua de Accidentes de Trabajo.
- **Accidentes de tipo grave, muy grave, mortales o que afecten a más de 4 trabajadores:**
  - Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).
  - A la Autoridad laboral en el plazo de 24 horas. Esta comunicación se realizará a través de telegrama u otro medio análogo, con especificación de los siguientes datos: razón

social, domicilio y teléfono de empresa, nombre del trabajador accidentado, dirección del lugar del accidente y breve descripción de este.

- **Seguridad en la obra:**

De acuerdo con lo establecido en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa que ejecute el proyecto deberá contar con un Servicio de Prevención propio o contratado, o trabajador designado, que asesoren e impulsen las actividades y medidas preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud desarrollado en base a este Estudio de Seguridad.

La empresa adjudicataria nombrará a un responsable de Seguridad, que podrá coincidir o no con su jefatura de obra, que será quien la represente ante el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución del proyecto y será el encargado de velar por el cumplimiento de todo lo estipulado en el Plan de Seguridad y Salud.

Dependiendo de la presencia del responsable de Seguridad en las obras y de acuerdo con lo que se establezca en el Plan de Seguridad, será necesario la designación de un Vigilante de Seguridad que lo represente, y el cual estará permanentemente en obra.

#### **2.9.2.6 Plan de seguridad y salud y, libro de incidencias**

##### **❖ Plan de seguridad y salud.**

En aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que intervenga en la obra elaborará su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en el cual analizará y desarrollará las previsiones contenidas en el mismo en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas alternativas de prevención que considere oportunas, indicando la correspondiente justificación técnica, si bien, no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, deberá ser aprobado, previamente al inicio de los trabajos, por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra, evolución de los trabajos o bien de las posibles incidencias que pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos.

La modificación realizada deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Constituirá el elemento básico para identificar y evaluar los riesgos, de manera que permita planificar una acción preventiva.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como aquellas personas con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, etc., podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que estimen oportunas.

A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

#### ❖ **Libro de incidencias.**

Para cada proyecto de obra existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Dicho libro será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud, tal y como se recoge en el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obra de construcción.

Deberá mantenerse siempre en la obra, y estará en poder del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, o cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra está legalmente obligado a tenerlo a disposición de: la Dirección Facultativa de la obra, encargado de seguridad, Comité de seguridad y salud, Inspección de Trabajo y Técnicos y Organismos de prevención de riesgos laborales de las Comunidades Autónomas.

Efectuada una anotación en el mismo, el Coordinador de seguridad (o Dirección Facultativa cuando no deba ser designado Coordinador), estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra.

#### ❖ **Coordinador de seguridad y salud.**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará a un Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad:
  - Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
  - Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.

- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.

#### **2.9.2.7 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en seguridad y salud**

- Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas, referida a la seguridad y salud en el trabajo y concordantes, de aplicación a la obra.
- Elaborar en el menor plazo posible y siempre antes de comenzar la obra, un plan de seguridad cumpliendo con el RD 1627/1997 de 24 de octubre, que respetará el nivel de prevención definido en todos los documentos de este Estudio de Seguridad y Salud.
- Presentar el plan de seguridad para su aprobación por parte del Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, antes del comienzo de esta, incluyendo todas las modificaciones y/o observaciones que éste pueda sugerirle.

- Formar e informar sobre el contenido del plan de seguridad y salud aprobado, a todos los trabajadores propios, subcontratistas y autónomos de la obra y hacerles cumplir con las medidas de prevención en él expresadas.

Por parte de las subcontratas, se firmará un documento de adhesión al Plan de Seguridad de la contrata principal.

- Entregar a todos los trabajadores de la obra independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratada o autónoma, los equipos de protección individual definidos en el plan de seguridad y salud aprobado, para que puedan usarse de forma inmediata y eficaz.
- Cumplir fielmente con lo expresado en el pliego de condiciones particulares del plan de seguridad y salud aprobado, en el apartado: “acciones a seguir en caso de accidente laboral”.
- Informar de inmediato de los accidentes leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador en materia de seguridad y salud y/o Dirección Facultativa durante la ejecución de la obra, tal como queda definido en el apartado “acciones a seguir en caso de accidente laboral”.
- Colaborar con el Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra y con la Dirección Facultativa, en la solución técnico-preventiva, de los posibles imprevistos del proyecto o motivados por los cambios de ejecución decididos sobre la marcha, durante la ejecución de la obra.

#### **2.9.2.8 Seguro de responsabilidad civil y patronal**

La empresa contratista se responsabilizará de cumplir y hacer cumplir cuantas disposiciones legales relativas a seguridad y salud, medio ambiente y otras en general, les sean de aplicación en el desarrollo de las actividades contratadas.

El contratista concertará a sus expensas, y por la cantidad necesaria (mínimo 600.000 €), el seguro de Responsabilidad Civil que cubra los posibles daños a la empresa, su personal e instalaciones, y a terceros, derivados de la realización de las obras contratadas, así como la responsabilidad legalmente exigible por los daños ocasionados por el error o negligencia en la gestión de la seguridad.

Igualmente, habrá de concertar el de Responsabilidad Civil Patronal (mínimo 150.000 € por víctima) que cubra a su propio personal y al de sus subcontratistas, comprometiéndose a ampliar el alcance de estos si en opinión de la empresa se hiciera preciso.

Los vehículos de propulsión mecánica autorizados a circular por vías públicas estarán obligatoriamente asegurados, como mínimo, con la garantía de Responsabilidad Civil ilimitada durante su permanencia en el recinto de la obra.

En caso de tratarse de camiones deberá contratarse una póliza que cubra la Responsabilidad Civil de la carga o en su defecto, deberá presentarse copia de la Póliza de responsabilidad civil general de la empresa propietaria del camión, en la que se garantice dicha cobertura.

#### 2.9.2.9 Subcontratación

Sin previa autorización escrita de la empresa, el contratista no podrá ceder o traspasar a terceros obligaciones o derechos nacidos del pedido o contrato.

Para la cesión, la empresa dará su conformidad a la selección del subcontratista.

El contratista será responsable único ante la empresa de la realización de la obra en su totalidad, independientemente de las responsabilidades que él pueda exigir a sus suministradores o subcontratistas.

### 2.9.3 PLANOS DE SEGURIDAD

Un plano de seguridad es la representación gráfica de la prevención descrita en la memoria de seguridad y salud y en coordinación con el pliego de condiciones particulares.

Son unos planos genéricos, que cumplen tan solo con la idea de dar pistas al contratista sobre cómo representar coherentemente la prevención.

No permiten la medición ni el presupuesto exacto como consecuencia de su indefinición.

#### ❖ Señales.

- Señales de contraincendios.



Figura 2.9.3.1 – Señales contraincendios (Web SlidePlayer)

- Señales de precauciones, prohibiciones y uso obligatorio de los EPI.



Figura 2.9.3.2 – Lona de señalización en obra (Empresa BdB)



- Señales de primeros auxilios.



Figura 2.9.3.3 – Señales primeros auxilios (Web Pinterest, Samir AB)

- ❖ Manipulación de cargas.

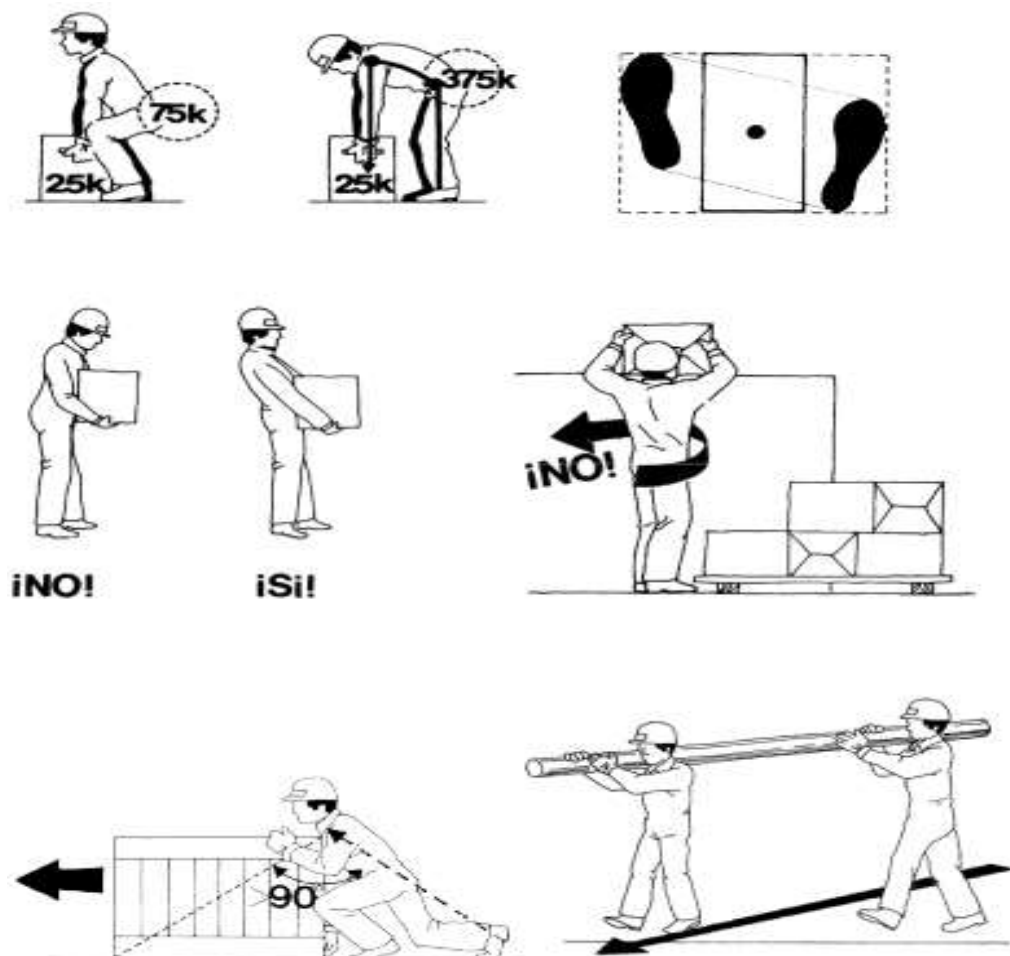


Figura 2.9.3.4 – Manipular cargas (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

❖ **Excavación y apertura de zanjas.**

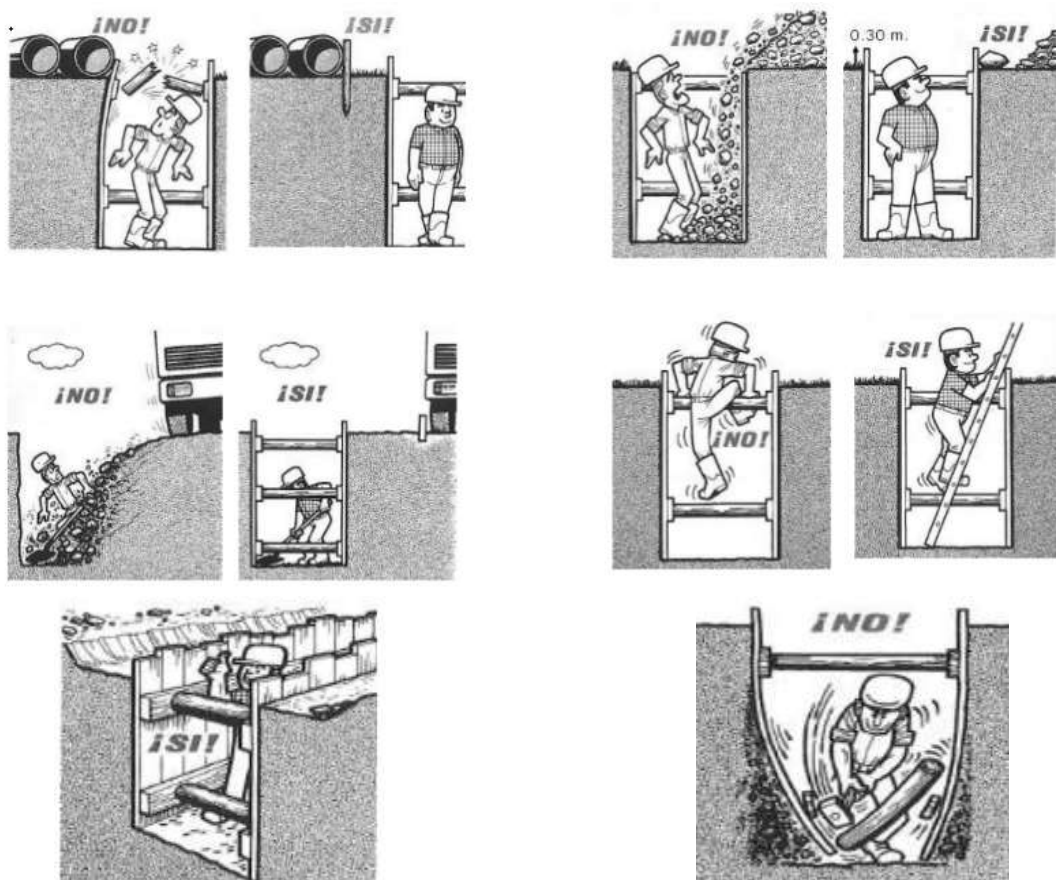
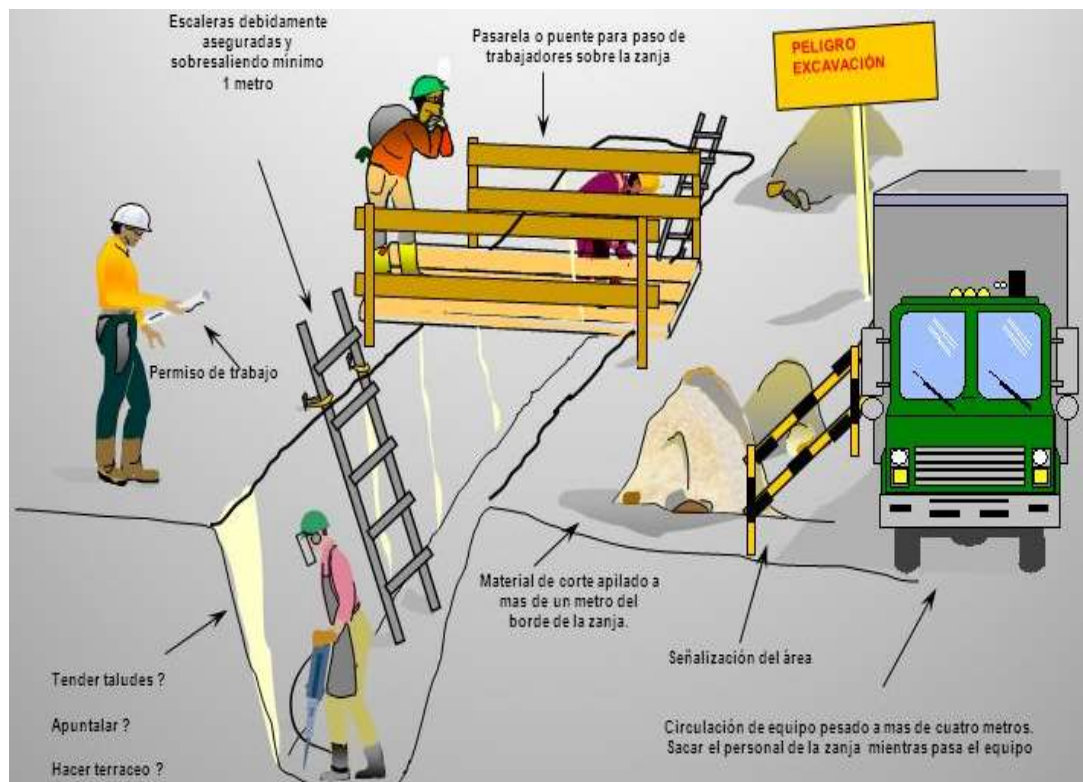


Figura 2.9.3.5 – Apertura de zanjas (SST Asesores)

## ❖ Instalación eléctrica provisional de obra.

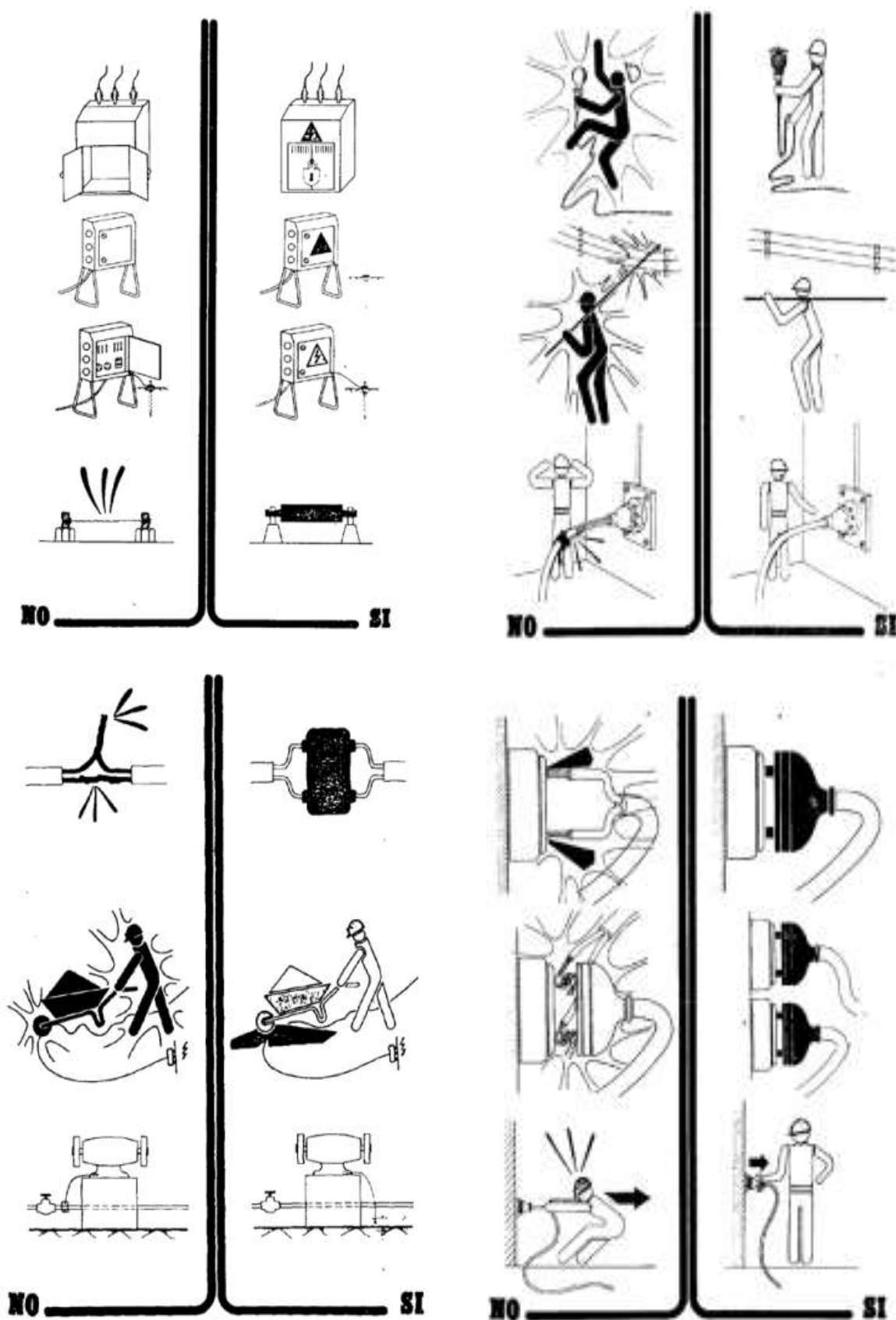


Figura 2.9.3.6 – Instalación eléctrica (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

❖ **Orden y limpieza.**

- Almacenar los materiales correctamente para evitar todos los riesgos de accidentes debidos al paso de los trabajadores.
- Mantener los puestos de trabajo en orden, los materiales ordenados, la circulación despejada, así se evitarán los resbalones y las caídas.

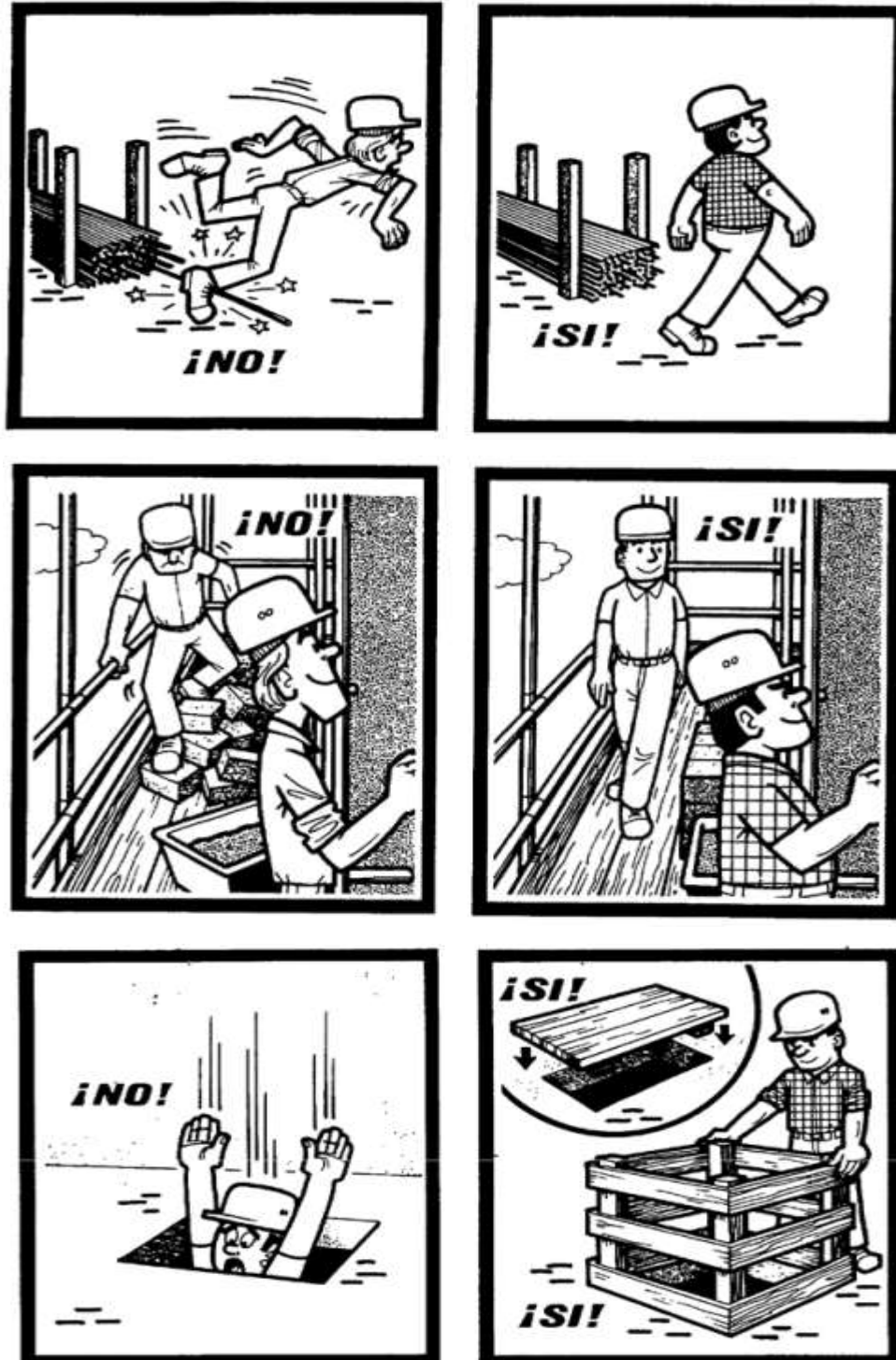


Figura 2.9.3.7 – Orden y limpieza (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)



### ❖ Maquinaria de obra.

- Buen apoyo de la grúa en el suelo. Uso de tablones de madera.
- Estabilizadores de la grúa extendidos en su totalidad.
- Permanecer fuera del radio de acción de la maquinaria de obra.



Figura 2.9.3.8 – Maquinaria de obra (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

### ❖ Elementos de izado.

- Aislar de las aristas vivas las eslingas, cadenas y cuerdas.
- Esfuerzos soportados por asiento del gancho con pestillo de seguridad.

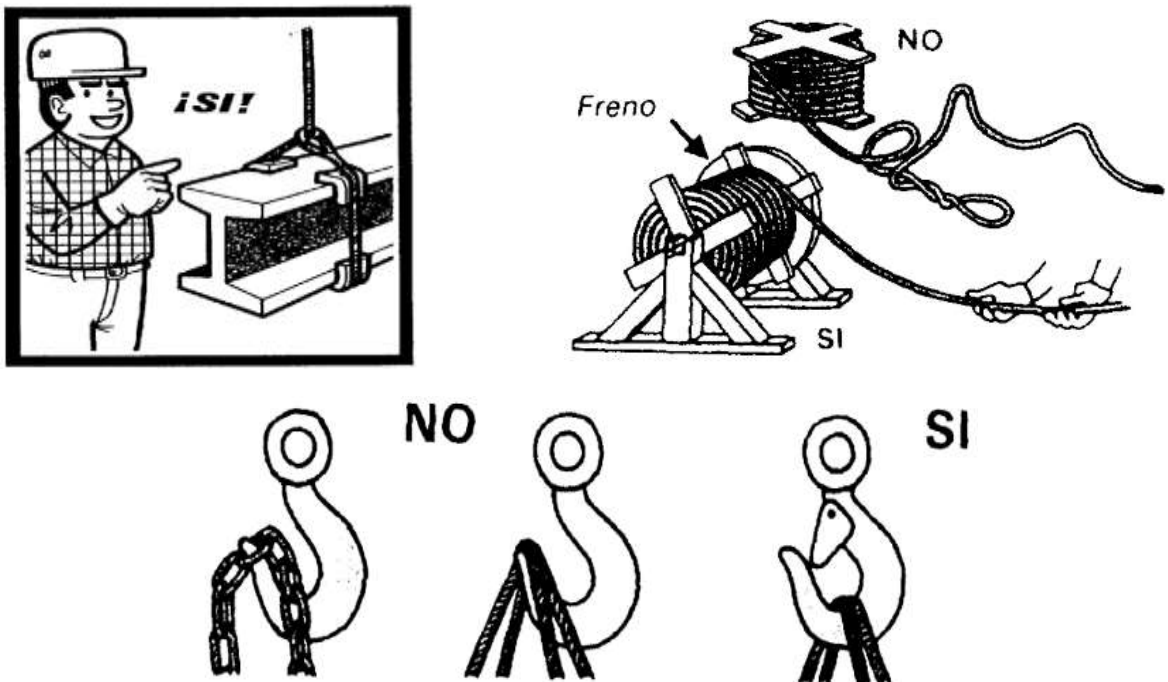


Figura 2.9.3.9 – Elementos de izado (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

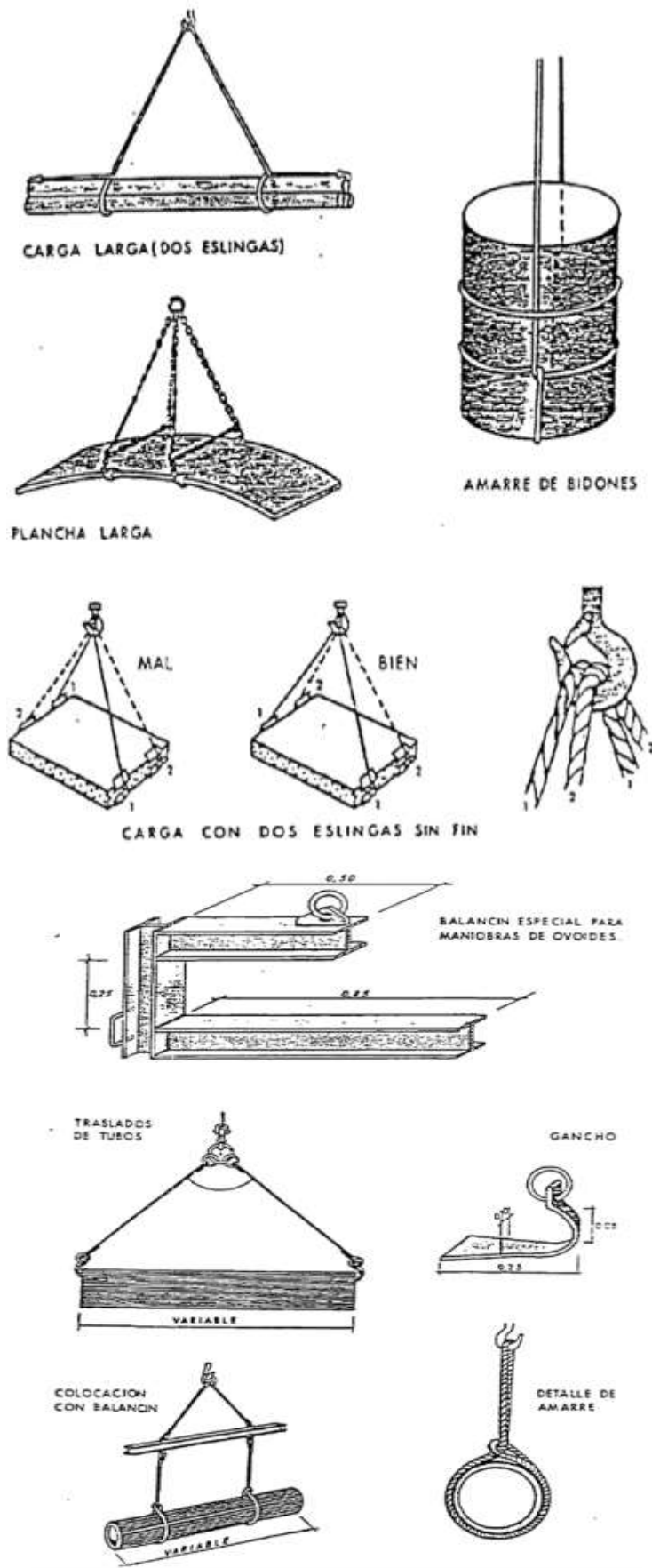


Figura 2.9.3.10 – Izado de elementos (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

### ❖ Escaleras.

- Instalar las escaleras sobre un suelo estable, contra una superficie sólida y fija, y de forma que no puedan resbalar, ni bascular.
- Hacer traspasar las escaleras por lo menos un metro por encima del piso de trabajo al que dan paso.
- Vigilar que la separación del pie de escalera, de la superficie de apoyo, sea la correcta.

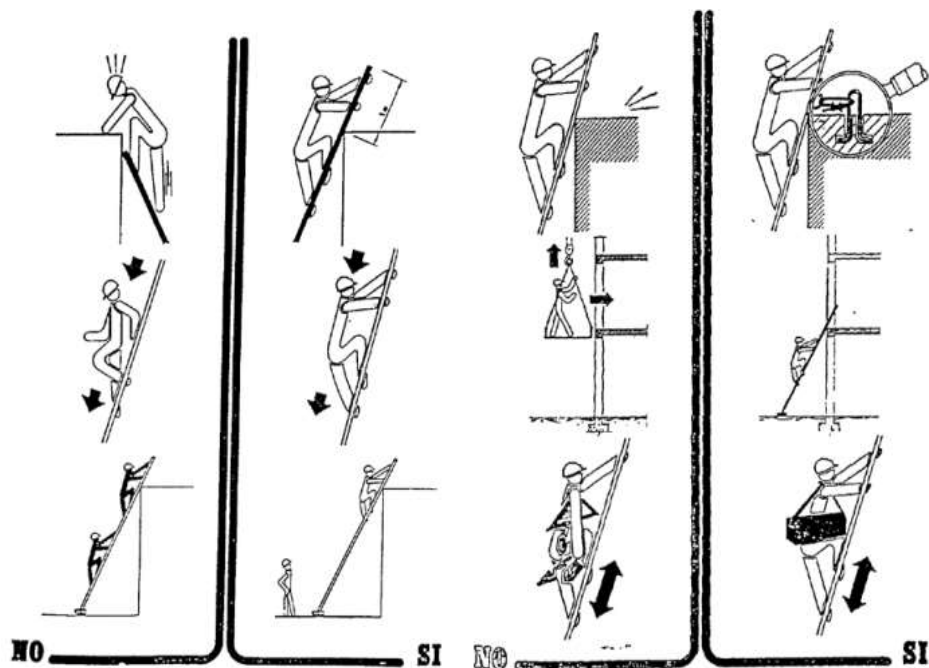
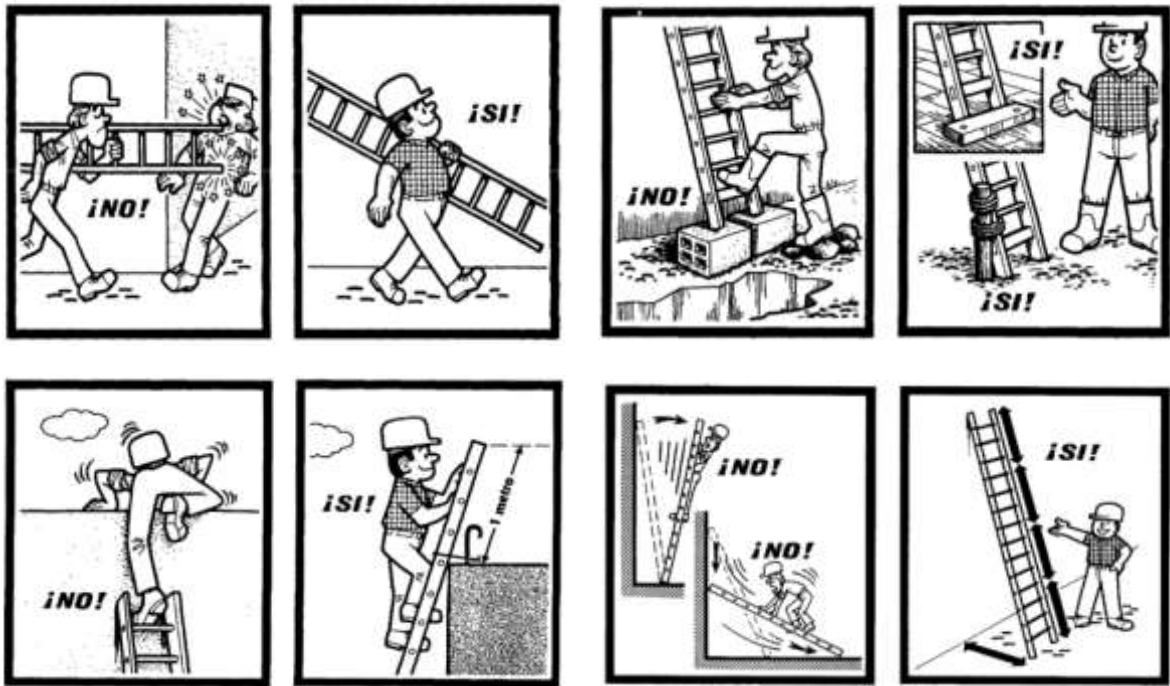


Figura 2.9.3.11 – Escaleras (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)

## ❖ Andamios.

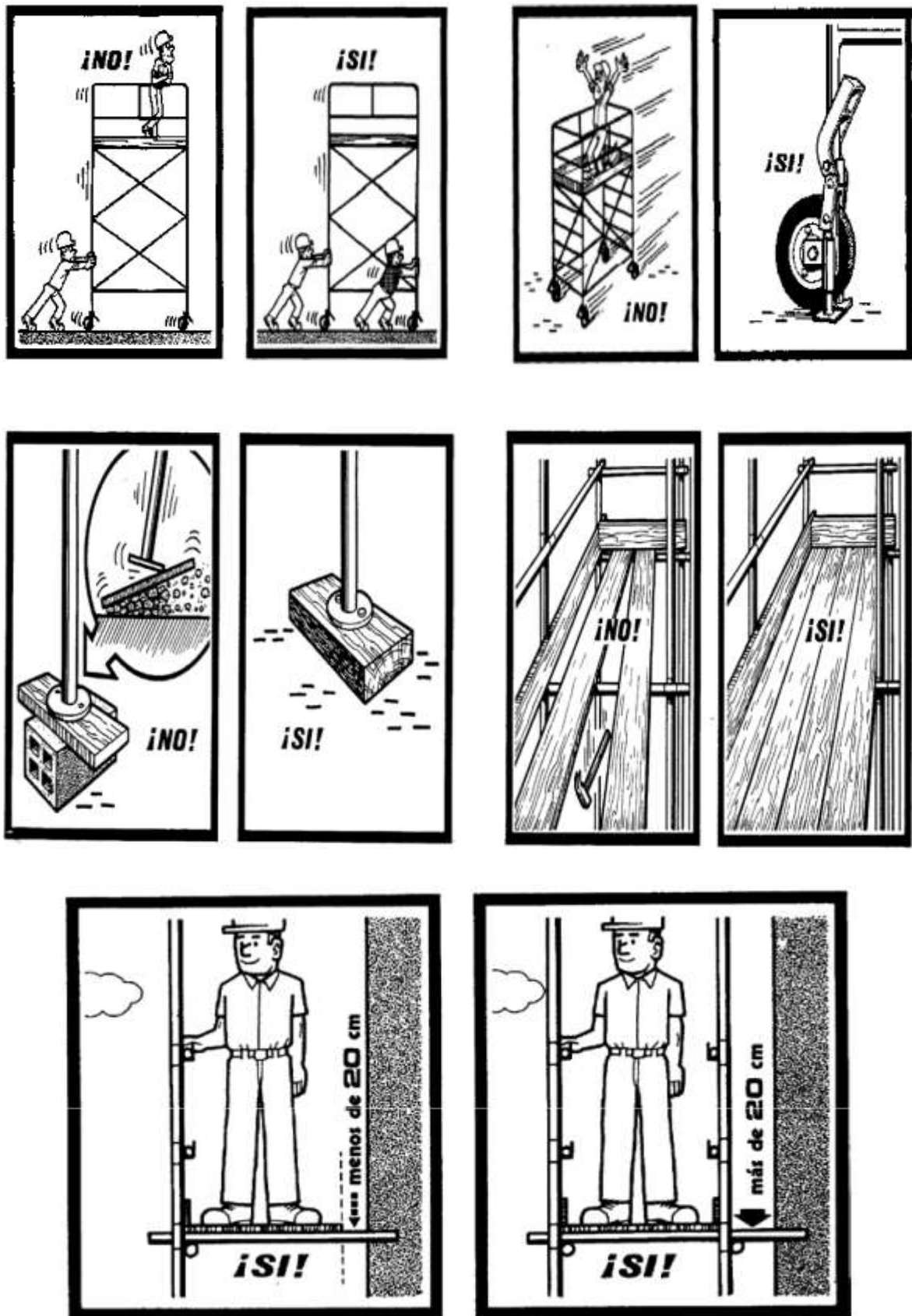


Figura 2.9.3.12 – Andamios (Estudio de Seguridad y Salud, Iberdrola)



## 2.9.4 MEDICIONES

### ❖ Protecciones individuales.

Protecciones individuales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
1.1	<b>Casco de seguridad contra impactos.</b> Distribución de casco de seguridad homologado con arnés de adaptación, en material resistente al impacto para uso normal, clase N. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	15	UD	15,00	15,00
1.2	<b>Casco de seguridad eléctrico.</b> Distribución de casco de seguridad homologado contra el riesgo eléctrico con arnés de adaptación para uso en baja tensión, en material resistente al impacto, clase E-BT. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5	UD	5,00	5,00
1.3	<b>Gafas de protección contra impactos.</b> Distribución de montura óptica de propionato. Patillas con armadura y protectores laterales muy amplios. Bisagra de 5 pasos. Existen en 2 calibres: 58 y 42. Oculares carboglás. Excelente modelo para montar oculares correctores. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12	UD	12,00	12,00
1.4	<b>Gafas de protección contra ambientes pulvígenos.</b> Distribución de gafas antipolvo antiempañables, panorámicas. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5	UD	5,00	5,00
1.5	<b>Gafas de protección para soldadura autógena.</b> Distribución de gafas de protección para soldadura autógena con armadura y protectores laterales muy amplios. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00

Protecciones individuales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
1.6	<b>Pantalla de seguridad para soldador.</b> Distribución de pantalla de mano homologada para soldadura de poliamida y fibra de vidrio, cristal de dimensiones 110 x 55 cm. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00
1.7	<b>Par de guantes de cuero.</b> Distribución de guantes de trabajo de cuero y loneta. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12	UD	12,00	12,00
1.8	<b>Par de guantes aislantes.</b> Distribución de guantes con puños engomados para instalaciones eléctricas. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6	UD	6,00	6,00
1.9	<b>Par de guantes de goma.</b> Distribución de guantes de goma impermeables. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5	UD	5,00	5,00
1.10	<b>Par de guantes de soldador.</b> Distribución de guantes de soldador acolchados con puño de 20 cm. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00
1.11	<b>Par de botas de seguridad.</b> Distribución de botas de seguridad con piso vulcanizado de acrilonitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de 0,24, pieles curtidas de 2,2 - 2,4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12	UD	12,00	12,00

Protecciones individuales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
1.12	<b>Par de botas de agua.</b> Distribución de botas de agua en PVC, con forro interior y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5	UD	5,00	5,00
1.13	<b>Par de botas de seguridad eléctricas.</b> Distribución de botas de seguridad eléctricas, fabricadas con material aislante de la electricidad, varias tallas, dotadas de suela antideslizante, para protección de trabajos en baja tensión. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6	UD	6,00	6,00
1.14	<b>Mascarilla.</b> Distribución de mascarilla homologada de caucho natural con doble filtro químico, y filtros de recambio. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	18	UD	18,00	18,00
1.15	<b>Cascos protectores auditivos.</b> Distribución de protectores auditivos con arnés a la nuca. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6	UD	6,00	6,00
1.16	<b>Mono de trabajo.</b> Distribución de mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón o tejido ligero y flexible. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	20	UD	20,00	20,00
1.17	<b>Traje impermeable.</b> Distribución de traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5	UD	5,00	5,00

Protecciones individuales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
1.18	<b>Par de polainas de soldadura.</b> Distribución de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm con cierre de velcro. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00
1.19	<b>Par de manguitos de soldadura.</b> Distribución de manguitos de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00
1.20	<b>Mandil de soldadura.</b> Distribución de mandil de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3	UD	3,00	3,00
1.21	<b>Arnés de amarre dorsal y torsal.</b> Distribución de arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cinta de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	4	UD	4,00	4,00
1.22	<b>Faja de protección lumbar.</b> Distribución de faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6	UD	6,00	6,00
1.23	<b>Chaleco reflectante.</b> Distribución de chaleco llamativo y reflectante de seguridad personal, color amarillo o rojo. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12	UD	12,00	12,00

## ❖ Protecciones colectivas.

Protecciones colectivas					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
2.1	<b>Extintor manual de 5 kg CO<sub>2</sub>.</b> Distribución y colocación de extintor manual de eficacia 89B con 5 kg de agente extintor, con manguera y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	5	UD	5,00	5,00
2.2	<b>Extintor manual de 9 kg polvo ABC.</b> Distribución y colocación de extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/144B, de 9 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	3	UD	3,00	3,00
2.3	<b>Tapa provisional para arqueta.</b> Tapa provisional para las arquetas, huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablones de madera de 20 x 5 cm, armados mediante clavazón incluso colocación. Amortizable en cuatro usos.	6	UD	6,00	6,00
2.4	<b>Tapa provisional para pozo.</b> Tapa provisional para pozos, pilotes o asimilables de 100 x 100 cm, formada mediante tablones de madera de 20 x 5 cm armados mediados encolado y clavazón, zócalo de 20 cm de altura, incluso fabricación y colocación. Amortizable en cuatro usos.	6	UD	6,00	6,00
2.5	<b>Barandilla protección laterales zanjas.</b> Barandilla de protección laterales de zanjas, compuesta por tres tabloncillos de madera de pino de 20 x 5 cm y estaquillas de madera de D = 8 cm, hincadas en el terreno cada metro. Amortizable en tres usos. Según norma RD 486/1997.	1.000	M	1.000,00	1.000,00
2.6	<b>Transformador de seguridad.</b> Montaje e instalación de transformación de seguridad con primario para 220 V y secundario de 24 V, 1000 VA. Amortizable en dos usos. Según norma RD 486/1997.	1	UD	1,00	1,00

Protecciones colectivas					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
2.7	<b>Señal triangular.</b> Señal triangular de 70 cm de lado. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	10	UD	10,00	10,00
2.8	<b>Señal circular.</b> Señal circular de diámetro 60 cm. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	10	UD	10,00	10,00
2.9	<b>Cinta de balizamiento.</b> Cinta para balizamiento, de material de plástico, de 8 cm de anchura, impresa por ambas caras en franjas de color rojo y blanco. Amortizable en tres usos. Según norma RD 485/1997.	1.000	M	1.000,00	1.000,00
2.10	<b>Valla peatonal.</b> Valla peatonal de hierro de 1,10 x 2,50 m, color amarillo con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, dos pies metálicos, incluso placa para publicidad. Amortizable en veinte usos. Según norma RD 486/1997.	30	UD	30,00	30,00

#### ❖ Instalaciones provisionales.

Instalaciones provisionales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
3.1	<b>Alquiler caseta de oficina.</b> Unidad de alquiler mensual de caseta modular de dimensiones 6 x 2,40 m con puerta exterior metálica de 0,80 x 1,90 m y 2 ventanas correderas de aluminio de 1,00 x 1,00 m con contraventanas, para uso en obra, colocada y montada, incluso parte proporcional de preparación del terreno, descarga y carga de los mismos, transporte y seguro de responsabilidad civil de incendios. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 18 meses. Según norma RD 486/1997.	14	MES	14,00	14,00

Instalaciones provisionales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
3.2	<b>Alquiler caseta de aseo.</b>  Unidad de alquiler mensual de caseta prefabrica de 8 x 2,5 m para aseo de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.	14	MES	14,00	14,00
3.3	<b>Alquiler caseta de vestuario.</b>  Unidad de alquiler mensual de caseta vestuario de 8 x 2,5 m, modular de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.	14	MES	14,00	14,00
3.4	<b>Alquiler caseta de comedor.</b>  Mes de alquiler de caseta prefabricada de 18 m <sup>2</sup> para comedor de obra de 7,87 x 2,33 x 2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada, pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero, melaminado de color. Cubierta en arco de chapa galvanizada, ondulada, reforzada con perfil de acero, fibra de vidrio de 60 mm e interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo de base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8 x 2 m, de chapa galvanizada de 1 mm, reforzada y con poliestireno de 20 mm, picaporte y cerradura. Dos ventanas de aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica a 220 V, toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W, enchufes para 1500 W y punto de luz exterior de 60 W. Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 12 meses. Según norma RD 486/1997.	14	MES	14,00	14,00

Instalaciones provisionales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
3.5	<b>Acometida de electricidad.</b>  Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4 x 10 mm <sup>2</sup> . De tensión nominal 1000 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m. Instalada.	1	UD	1,00	1,00
3.6	<b>Acometida de agua.</b>  Acometida provisional de fontanería para obra de la red general municipal de agua potable hasta una longitud máxima de 8 m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro, de alta densidad y para 10 atmósferas de presión máxima con collarín de toma de fundición, parte proporcional de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso derechos y permisos para la conexión, terminada y funcionando, y sin incluir la rotura del pavimento.	1	UD	1,00	1,00
3.7	<b>Acometida de saneamiento.</b>  Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m, formada por rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia media, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa H-150, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con la parte proporcional de medios auxiliares.	1	UD	1,00	1,00
3.8	<b>Acometida de teléfono.</b>  Acometida provisional de teléfono a caseta de obra. Según normas de la CTNE.	1	UD	1,00	1,00



Instalaciones provisionales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
3.9	<b>Cuadro eléctrico general de obra.</b> Cuadro eléctrico general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 40 kW. Compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 90 x 60 cm, índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico más diferencial de 4 x 125 A, un interruptor automático magnetotérmico de 4 x 63 A, y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2 x 25 A, incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornes de salida y parte proporcional de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 ohmios. Instalado. Amortizable en cuatro obras. Según norma RD 486/1997.	1	UD	1,00	1,00
3.10	<b>Jabonera.</b> Distribución de jabonera en color blanco totalmente instalada. Amortizable en un solo uso.	6	UD	6,00	6,00
3.11	<b>Taquilla metálica individual.</b> Montaje e instalación de taquilla metálica individual. Amortizable en tres usos.	20	UD	20,00	20,00
3.12	<b>Secamanos eléctrico.</b> Secamanos eléctrico de 1600 W con carcasa de acero inoxidable, con interruptor por aproximación de las manos con un minuto de tiempo máximo de funcionamiento.	6	UD	6,00	6,00
3.13	<b>Horno microondas.</b> Distribución e instalación de horno microondas de 18 litros con plato giratorio y 800 W. Amortizable en quince usos.	2	UD	2,00	2,00
3.14	<b>Mesa comedor y asientos.</b> Distribución y colocación de mesa para comedor con asientos de madera y soporte metálico, de dimensiones 1,6 x 1,00 m. Amortizable en quince usos.	2	UD	2,00	2,00
3.15	<b>Banco madera.</b> Distribución y colocación de banco de madera para 5 personas. Amortizable en 10 usos	4	UD	4,00	4,00

Instalaciones provisionales					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
3.16	<b>Cubo con pedal.</b> Distribución de cubo con cubo con pedal de 25 litros de capacidad totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	6	UD	6,00	6,00
3.17	<b>Espejo.</b> Espejo para vestuarios y aseos, colocado.	2	UD	2,00	2,00

❖ **Medicina preventiva y primeros auxilios.**

Medicina preventiva y primeros auxilios					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
4.1	<b>Botiquín de urgencia.</b> Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco, con contenidos mínimos obligatorios, totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	4	UD	4,00	4,00
4.2	<b>Reposición de botiquín.</b> Reposición de los componentes propios del contenido del botiquín totalmente colocados.	4	UD	4,00	4,00
4.3	<b>Camilla portátil.</b> Camilla portátil para evacuaciones. Amortizable en diez usos.	2	UD	2,00	2,00
4.4	<b>Reconocimiento médico.</b> Reconocimiento médico básico anual por trabajador, compuesto por control visión, audiometría y analítica de sangre y orina con 6 parámetros.	20	UD	20,00	20,00

❖ **Prevención y formación.**

Prevención y formación					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
5.1	<b>Formación en materia de seguridad.</b> Coste mensual de la formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.	20	UD	20,00	20,00
5.2	<b>Comité de seguridad.</b> Coste mensual del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de oficial de segunda o ayudante y un vigilante con categoría de oficial de primera.	20	UD	20,00	20,00
5.3	<b>Asistencia de seguridad.</b> Asistencia técnica, inspecciones, informes, etc., de seguridad y salud en el trabajo, considerando tres horas a la semana y realizada por un encargado.	60	UD	60,00	60,00

**2.9.5 PRESUPUESTO****2.9.5.1 Cuadro de precios número 1, precios unitarios**❖ **Protecciones individuales.**

Protecciones individuales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
1.1	<b>Casco de seguridad contra impactos.</b> Distribución de casco de seguridad homologado con arnés de adaptación, en material resistente al impacto para uso normal, clase N. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Dos euros con sesenta y cuatro céntimos	2,64
1.2	<b>Casco de seguridad eléctrico.</b> Distribución de casco de seguridad homologado contra el riesgo eléctrico con arnés de adaptación para uso en baja tensión, en material resistente al impacto, clase E-BT. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Cuatro euros con cuatro céntimos	4,04

Protecciones individuales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
1.3	<b>Gafas de protección contra impactos.</b> Distribución de montura óptica de propionato. Patillas con armadura y protectores laterales muy amplios. Bisagra de 5 pasos. Existen en 2 calibres: 58 y 42. Oculares carboglás. Excelente modelo para montar oculares correctores. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Ocho euros con cincuenta y dos céntimos	8,52
1.4	<b>Gafas de protección contra ambientes pulvígenos.</b> Distribución de gafas antipolvo antiempañables, panorámicas. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Cuatro euros	4,00
1.5	<b>Gafas de protección para soldadura autógena.</b> Distribución de gafas de protección para soldadura autógena con armadura y protectores laterales muy amplios. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Diez euros con cuarenta y dos céntimos	10,42
1.6	<b>Pantalla de seguridad para soldador.</b> Distribución de pantalla de mano homologada para soldadura de poliamida y fibra de vidrio, cristal de dimensiones 110 x 55 cm. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Doce euros	12,00
1.7	<b>Par de guantes de cuero.</b> Distribución de guantes de trabajo de cuero y loneta. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Dos euros con veintinueve céntimos	2,29
1.8	<b>Par de guantes aislantes.</b> Distribución de guantes con puños engomados para instalaciones eléctricas. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Ocho euros con cincuenta y dos céntimos	8,52

Protecciones individuales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
1.9	<b>Par de guantes de goma.</b> Distribución de guantes de goma impermeables. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Tres euros	3,00
1.10	<b>Par de guantes de soldador.</b> Distribución de guantes de soldador acolchados con puño de 20 cm. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Seis euros con veinticinco céntimos	6,25
1.11	<b>Par de botas de seguridad.</b> Distribución de botas de seguridad con piso vulcanizado de acrilonitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de 0,24, pieles curtidas de 2,2 - 2,4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Veinte euros con cuarenta y ocho céntimos	20,48
1.12	<b>Par de botas de agua.</b> Distribución de botas de agua en PVC, con forro interior y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Veintidós euros con cuarenta y siete céntimos	22,47
1.13	<b>Par de botas de seguridad eléctricas.</b> Distribución de botas de seguridad eléctricas, fabricadas con material aislante de la electricidad, varias tallas, dotadas de suela antideslizante, para protección de trabajos en baja tensión. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Veintiséis euros con veinticinco céntimos	26,25
1.14	<b>Mascarilla.</b> Distribución de mascarilla homologada de caucho natural con doble filtro químico, y filtros de recambio. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Catorce euros con sesenta y cinco céntimos	14,65

Protecciones individuales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
1.15	<b>Cascos protectores auditivos.</b> Distribución de protectores auditivos con arnés a la nuca. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Cinco euros con veinte céntimos	5,20
1.16	<b>Mono de trabajo.</b> Distribución de mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón o tejido ligero y flexible. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Dieciséis euros con veinticuatro céntimos	16,24
1.17	<b>Traje impermeable.</b> Distribución de traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Nueve euros con veintidós céntimos	9,22
1.18	<b>Par de polainas de soldadura.</b> Distribución de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm con cierre de velcro. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Ocho euros con dieciocho céntimos	8,18
1.19	<b>Par de manguitos de soldadura.</b> Distribución de manguitos de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Nueve euros con cincuenta céntimos	9,50
1.20	<b>Mandil de soldadura.</b> Distribución de mandil de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Doce euros con cincuenta céntimos	12,50
1.21	<b>Arnés de amarre dorsal y torsal.</b> Distribución de arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cinta de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Sesenta y cinco euros con cincuenta y tres céntimos	65,53

Protecciones individuales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
1.22	<b>Faja de protección lumbar.</b> Distribución de faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Nueve euros con noventa y siete céntimos	9,97
1.23	<b>Chaleco reflectante.</b> Distribución de chaleco llamativo y reflectante de seguridad personal, color amarillo o rojo. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	Diez euros con cuarenta y cuatro céntimos	10,44

❖ **Protecciones colectivas.**

Protecciones colectivas			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
2.1	<b>Extintor manual de 5 kg CO<sub>2</sub>.</b> Distribución y colocación de extintor manual de eficacia 89B con 5 kg de agente extintor, con manguera y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	Cincuenta y nueve euros con sesenta y seis céntimos	59,66
2.2	<b>Extintor manual de 9 kg polvo ABC.</b> Distribución y colocación de extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/144B, de 9 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	Cincuenta y cinco euros con cuarenta y dos céntimos	55,42
2.3	<b>Tapa provisional para arqueta.</b> Tapa provisional para las arquetas, huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablonos de madera de 20 x 5 cm, armados mediante clavazón incluso colocación. Amortizable en cuatro usos.	Doce euros con sesenta y un céntimos	12,61

Protecciones colectivas			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
2.4	<b>Tapa provisional para pozo.</b> Tapa provisional para pozos, pilotes o asimilables de 100 x 100 cm, formada mediante tablones de madera de 20 x 5 cm armados mediados encolado y clavazón, zócalo de 20 cm de altura, incluso fabricación y colocación. Amortizable en cuatro usos.	Catorce euros con setenta y ocho céntimos	14,78
2.5	<b>Barandilla protección laterales zanjas.</b> Barandilla de protección laterales de zanjas, compuesta por tres tabloncillos de madera de pino de 20 x 5 cm y estaquillas de madera de D = 8 cm, hincadas en el terreno cada metro. Amortizable en tres usos. Según norma RD 486/1997.	Siete euros con sesenta y ocho céntimos	7,68
2.6	<b>Transformador de seguridad.</b> Montaje e instalación de transformación de seguridad con primario para 220 V y secundario de 24 V, 1000 VA. Amortizable en dos usos. Según norma RD 486/1997.	Ochenta y tres euros con trece céntimos	83,13
2.7	<b>Señal triangular.</b> Señal triangular de 70 cm de lado. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	Diez euros con setenta y un céntimos	10,71
2.8	<b>Señal circular.</b> Señal circular de diámetro 60 cm. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	Diez euros con noventa y tres céntimos	10,93
2.9	<b>Cinta de balizamiento.</b> Cinta para balizamiento, de material de plástico, de 8 cm de anchura, impresa por ambas caras en franjas de color rojo y blanco. Amortizable en tres usos. Según norma RD 485/1997.	Un euro con ocho céntimos	1,08
2.10	<b>Valla peatonal.</b> Valla peatonal de hierro de 1,10 x 2,50 m, color amarillo con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, dos pies metálicos, incluso placa para publicidad. Amortizable en veinte usos. Según norma RD 486/1997.	Dos euros con cincuenta y cinco céntimos	2,55



❖ **Instalaciones provisionales.**

Instalaciones provisionales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
3.1	<p><b>Alquiler caseta de oficina.</b></p> <p>Unidad de alquiler mensual de caseta modular de dimensiones 6 x 2,40 m con puerta exterior metálica de 0,80 x 1,90 m y 2 ventanas correderas de aluminio de 1,00 x 1,00 m con contraventanas, para uso en obra, colocada y montada, incluso parte proporcional de preparación del terreno, descarga y carga de los mismos, transporte y seguro de responsabilidad civil de incendios. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 18 meses. Según norma RD 486/1997.</p>	Doscientos ochenta y ocho euros con sesenta y dos céntimos	288,62
3.2	<p><b>Alquiler caseta de aseo.</b></p> <p>Unidad de alquiler mensual de caseta prefabrica de 8 x 2,5 m para aseo de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.</p>	Ciento sesenta euros con cincuenta céntimos	160,50
3.3	<p><b>Alquiler caseta de vestuario.</b></p> <p>Unidad de alquiler mensual de caseta vestuario de 8 x 2,5 m, modular de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.</p>	Cien euros con cincuenta céntimos	100,50

Instalaciones provisionales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
3.4	<p><b>Alquiler caseta de comedor.</b></p> <p>Mes de alquiler de caseta prefabricada de 18 m<sup>2</sup> para comedor de obra de 7,87 x 2,33 x 2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada, pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero, melaminado de color. Cubierta en arco de chapa galvanizada, ondulada, reforzada con perfil de acero, fibra de vidrio de 60 mm e interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo de base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8 x 2 m, de chapa galvanizada de 1 mm, reforzada y con poliestireno de 20 mm, picaporte y cerradura. Dos ventanas de aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica a 220 V, toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W, enchufes para 1500 W y punto de luz exterior de 60 W. Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 12 meses. Según norma RD 486/1997.</p>	Doscientos dos euros	202,00
3.5	<p><b>Acometida de electricidad.</b></p> <p>Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4 x 10 mm<sup>2</sup>. De tensión nominal 1000 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m. Instalada.</p>	Sesenta y ocho euros con cincuenta céntimos	68,50
3.6	<p><b>Acometida de agua.</b></p> <p>Acometida provisional de fontanería para obra de la red general municipal de agua potable hasta una longitud máxima de 8 m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro, de alta densidad y para 10 atmósferas de presión máxima con collarín de toma de fundición, parte proporcional de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso derechos y permisos para la conexión, terminada y funcionando, y sin incluir la rotura del pavimento.</p>	Noventa y un euros con ocho céntimos	91,08

Instalaciones provisionales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
3.7	<b>Acometida de saneamiento.</b> Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m, formada por rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia media, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa H-150, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con la parte proporcional de medios auxiliares.	Cuatrocientos trece euros con veinte céntimos	413,20
3.8	<b>Acometida de teléfono.</b> Acometida provisional de teléfono a caseta de obra. Según normas de la CTNE.	Setenta y cinco euros con veinte céntimos	75,20
3.9	<b>Cuadro eléctrico general de obra.</b> Cuadro eléctrico general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 40 kW. Compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 90 x 60 cm, índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico más diferencial de 4 x 125 A, un interruptor automático magnetotérmico de 4 x 63 A, y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2 x 25 A, incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornes de salida y parte proporcional de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 ohmios. Instalado. Amortizable en cuatro obras. Según norma RD 486/1997.	Doscientos catorce euros con ochenta y un céntimos	214,81
3.10	<b>Jabonera.</b> Distribución de jabonera en color blanco totalmente instalada. Amortizable en un solo uso.	Diez euros con cincuenta y dos céntimos	10,52
3.11	<b>Taquilla metálica individual.</b> Montaje e instalación de taquilla metálica individual. Amortizable en tres usos.	Treinta y tres euros con diez céntimos	33,10
3.12	<b>Secamanos eléctrico.</b> Secamanos eléctrico de 1600 W con carcasa de acero inoxidable, con interruptor por aproximación de las manos con un minuto de tiempo máximo de funcionamiento.	Doscientos euros con treinta y seis céntimos	200,36

Instalaciones provisionales			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
3.13	<b>Horno microondas.</b> Distribución e instalación de horno microondas de 18 litros con plato giratorio y 800 W. Amortizable en quince usos.	Cincuenta euros con cuarenta y cuatro céntimos	50,44
3.14	<b>Mesa comedor y asientos.</b> Distribución y colocación de mesa para comedor con asientos de madera y soporte metálico, de dimensiones 1,6 x 1,00 m. Amortizable en quince usos.	Cincuenta y dos euros con cincuenta céntimos	52,50
3.15	<b>Banco madera.</b> Distribución y colocación de banco de madera para 5 personas. Amortizable en 10 usos	Cincuenta y dos euros con ochenta céntimos	52,80
3.16	<b>Cubo con pedal.</b> Distribución de cubo con cubo con pedal de 25 litros de capacidad totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	Diecisiete euros con sesenta céntimos	17,60
3.17	<b>Espejo.</b> Espejo para vestuarios y aseos, colocado.	Catorce euros con dieciocho céntimos	14,18

#### ❖ Medicina preventiva y primeros auxilios.

Medicina preventiva y primeros auxilios			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
4.1	<b>Botiquín de urgencia.</b> Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco, con contenidos mínimos obligatorios, totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	Noventa y seis euros con dieciséis céntimos	96,16

Medicina preventiva y primeros auxilios			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
4.2	<b>Reposición de botiquín.</b> Reposición de los componentes propios del contenido del botiquín totalmente colocados.	Treinta y nueve euros con sesenta y cinco céntimos	39,65
4.3	<b>Camilla portátil.</b> Camilla portátil para evacuaciones. Amortizable en diez usos.	Treinta y cinco euros con cuarenta y cuatro céntimos	35,44
4.4	<b>Reconocimiento médico.</b> Reconocimiento médico básico anual por trabajador, compuesto por control visión, audiometría y analítica de sangre y orina con 6 parámetros.	Cuarenta y ocho euros con veintiséis céntimos	48,26

#### ❖ Prevención y formación.

Prevención y formación			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
5.1	<b>Formación en materia de seguridad.</b> Coste mensual de la formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.	Setenta y ocho euros con ochenta y ocho céntimos	78,88
5.2	<b>Comité de seguridad.</b> Coste mensual del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de oficial de segunda o ayudante y un vigilante con categoría de oficial de primera.	Ciento diez euros con setenta céntimos	110,70
5.3	<b>Asistencia de seguridad.</b> Asistencia técnica, inspecciones, informes, etc., de seguridad y salud en el trabajo, considerando tres horas a la semana y realizada por un encargado.	Setenta y dos euros con ochenta y ocho céntimos	72,88

### 2.9.5.2 Cuadro de precios número 2, precios descompuestos

#### ❖ Protecciones individuales.

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
1.1	<b>Casco de seguridad contra impactos.</b> Distribución de casco de seguridad homologado con arnés de adaptación, en material resistente al impacto para uso normal, clase N. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	2,64	NA	2,64
1.2	<b>Casco de seguridad eléctrico.</b> Distribución de casco de seguridad homologado contra el riesgo eléctrico con arnés de adaptación para uso en baja tensión, en material resistente al impacto, clase E-BT. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	4,04	NA	4,04
1.3	<b>Gafas de protección contra impactos.</b> Distribución de montura óptica de propionato. Patillas con armadura y protectores laterales muy amplios. Bisagra de 5 pasos. Existen en 2 calibres: 58 y 42. Oculares carboglás. Excelente modelo para montar oculares correctores. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	8,52	NA	8,52
1.4	<b>Gafas de protección contra ambientes pulvígenos.</b> Distribución de gafas antipolvo antiempañables, panorámicas. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	4,00	NA	4,00
1.5	<b>Gafas de protección para soldadura autógena.</b> Distribución de gafas de protección para soldadura autógena con armadura y protectores laterales muy amplios. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	10,42	NA	10,42

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
1.6	<b>Pantalla de seguridad para soldador.</b> Distribución de pantalla de mano homologada para soldadura de poliamida y fibra de vidrio, cristal de dimensiones 110 x 55 cm. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,00	NA	12,00
1.7	<b>Par de guantes de cuero.</b> Distribución de guantes de trabajo de cuero y loneta. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	2,29	NA	2,29
1.8	<b>Par de guantes aislantes.</b> Distribución de guantes con puños engomados para instalaciones eléctricas. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	8,52	NA	8,52
1.9	<b>Par de guantes de goma.</b> Distribución de guantes de goma impermeables. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	NA	3,00
1.10	<b>Par de guantes de soldador.</b> Distribución de guantes de soldador acolchados con puño de 20 cm. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6,25	NA	6,25
1.11	<b>Par de botas de seguridad.</b> Distribución de botas de seguridad con piso vulcanizado de acrilonitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de 0,24, pieles curtidas de 2,2 - 2,4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	20,48	NA	20,48

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
1.12	<b>Par de botas de agua.</b> Distribución de botas de agua en PVC, con forro interior y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	22,47	NA	22,47
1.13	<b>Par de botas de seguridad eléctricas.</b> Distribución de botas de seguridad eléctricas, fabricadas con material aislante de la electricidad, varias tallas, dotadas de suela antideslizante, para protección de trabajos en baja tensión. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	26,25	NA	26,25
1.14	<b>Mascarilla.</b> Distribución de mascarilla homologada de caucho natural con doble filtro químico, y filtros de recambio. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	14,65	NA	14,65
1.15	<b>Cascos protectores auditivos.</b> Distribución de protectores auditivos con arnés a la nuca. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,20	NA	5,20
1.16	<b>Mono de trabajo.</b> Distribución de mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón o tejido ligero y flexible. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	16,24	NA	16,24
1.17	<b>Traje impermeable.</b> Distribución de traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	9,22	NA	9,22



Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
1.18	<b>Par de polainas de soldadura.</b> Distribución de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm con cierre de velcro. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	8,18	NA	8,18
1.19	<b>Par de manguitos de soldadura.</b> Distribución de manguitos de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	9,50	NA	9,50
1.20	<b>Mandil de soldadura.</b> Distribución de mandil de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,50	NA	12,50
1.21	<b>Arnés de amarre dorsal y torsal.</b> Distribución de arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cinta de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	65,53	NA	65,53
1.22	<b>Faja de protección lumbar.</b> Distribución de faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	9,97	NA	9,97
1.23	<b>Chaleco reflectante.</b> Distribución de chaleco llamativo y reflectante de seguridad personal, color amarillo o rojo. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	10,44	NA	10,44

❖ **Protecciones colectivas.**

Protecciones colectivas				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
2.1	<b>Extintor manual de 5 kg CO<sub>2</sub>.</b> Distribución y colocación de extintor manual de eficacia 89B con 5 kg de agente extintor, con manguera y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	56,16	3,50	59,66
2.2	<b>Extintor manual de 9 kg polvo ABC.</b> Distribución y colocación de extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/144B, de 9 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	52,16	3,26	55,42
2.3	<b>Tapa provisional para arqueta.</b> Tapa provisional para las arquetas, huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablones de madera de 20 x 5 cm, armados mediante clavazón incluso colocación. Amortizable en cuatro usos.	5,44	7,17	12,61
2.4	<b>Tapa provisional para pozo.</b> Tapa provisional para pozos, pilotes o asimilables de 100 x 100 cm, formada mediante tablones de madera de 20 x 5 cm armados mediados encolado y clavazón, zócalo de 20 cm de altura, incluso fabricación y colocación. Amortizable en cuatro usos.	6,12	8,66	14,78
2.5	<b>Barandilla protección laterales zanjas.</b> Barandilla de protección laterales de zanjas, compuesta por tres tablancillos de madera de pino de 20 x 5 cm y estaquillas de madera de D = 8 cm, hincadas en el terreno cada metro. Amortizable en tres usos. Según norma RD 486/1997.	4,65	3,03	7,68
2.6	<b>Transformador de seguridad.</b> Montaje e instalación de transformación de seguridad con primario para 220 V y secundario de 24 V, 1000 VA. Amortizable en dos usos. Según norma RD 486/1997.	76,30	6,83	83,13

Protecciones colectivas				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
2.7	<b>Señal triangular.</b> Señal triangular de 70 cm de lado. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	8,09	2,62	10,71
2.8	<b>Señal circular.</b> Señal circular de diámetro 60 cm. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	8,31	2,62	10,93
2.9	<b>Cinta de balizamiento.</b> Cinta para balizamiento, de material de plástico, de 8 cm de anchura, impresa por ambas caras en franjas de color rojo y blanco. Amortizable en tres usos. Según norma RD 485/1997.	0,11	0,97	1,08
2.10	<b>Valla peatonal.</b> Valla peatonal de hierro de 1,10 x 2,50 m, color amarillo con barrote verticales montados sobre bastidor de tubo, dos pies metálicos, incluso placa para publicidad. Amortizable en veinte usos. Según norma RD 486/1997.	0,80	1,75	2,55

#### ❖ Instalaciones provisionales.

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
3.1	<b>Alquiler caseta de oficina.</b> Unidad de alquiler mensual de caseta modular de dimensiones 6 x 2,40 m con puerta exterior metálica de 0,80 x 1,90 m y 2 ventanas correderas de aluminio de 1,00 x 1,00 m con contraventanas, para uso en obra, colocada y montada, incluso parte proporcional de preparación del terreno, descarga y carga de los mismos, transporte y seguro de responsabilidad civil de incendios. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 18 meses. Según norma RD 486/1997.	288,62	NA	288,62

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
3.2	<p><b>Alquiler caseta de aseo.</b></p> <p>Unidad de alquiler mensual de caseta prefabrica de 8 x 2,5 m para aseo de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.</p>	160,50	NA	160,50
3.3	<p><b>Alquiler caseta de vestuario.</b></p> <p>Unidad de alquiler mensual de caseta vestuario de 8 x 2,5 m, modular de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.</p>	100,50	NA	100,50
3.4	<p><b>Alquiler caseta de comedor.</b></p> <p>Mes de alquiler de caseta prefabricada de 18 m<sup>2</sup> para comedor de obra de 7,87 x 2,33 x 2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada, pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero, melaminado de color. Cubierta en arco de chapa galvanizada, ondulada, reforzada con perfil de acero, fibra de vidrio de 60 mm e interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo de base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8 x 2 m, de chapa galvanizada de 1 mm, reforzada y con poliestireno de 20 mm, picaporte y cerradura. Dos ventanas de aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica a 220 V, toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W, enchufes para 1500 W y punto de luz exterior de 60 W. Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 12 meses. Según norma RD 486/1997.</p>	202,00	NA	202,00

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
3.5	<b>Acometida de electricidad.</b> Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4 x 10 mm <sup>2</sup> . De tensión nominal 1000 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m. Instalada.	68,50	NA	68,50
3.6	<b>Acometida de agua.</b> Acometida provisional de fontanería para obra de la red general municipal de agua potable hasta una longitud máxima de 8 m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro, de alta densidad y para 10 atmósferas de presión máxima con collarín de toma de fundición, parte proporcional de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso derechos y permisos para la conexión, terminada y funcionando, y sin incluir la rotura del pavimento.	91,08	NA	91,08
3.7	<b>Acometida de saneamiento.</b> Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m, formada por rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia media, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa H-150, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con la parte proporcional de medios auxiliares.	413,20	NA	413,20
3.8	<b>Acometida de teléfono.</b> Acometida provisional de teléfono a caseta de obra. Según normas de la CTNE.	75,20	NA	75,20

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
3.9	<b>Cuadro eléctrico general de obra.</b> Cuadro eléctrico general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 40 kW. Compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 90 x 60 cm, índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico más diferencial de 4 x 125 A, un interruptor automático magnetotérmico de 4 x 63 A, y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2 x 25 A, incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornes de salida y parte proporcional de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 ohmios. Instalado. Amortizable en cuatro obras. Según norma RD 486/1997.	214,81	NA	214,81
3.10	<b>Jabonera.</b> Distribución de jabonera en color blanco totalmente instalada. Amortizable en un solo uso.	8,83	1,69	10,52
3.11	<b>Taquilla metálica individual.</b> Montaje e instalación de taquilla metálica individual. Amortizable en tres usos.	24,94	8,16	33,10
3.12	<b>Secamanos eléctrico.</b> Secamanos eléctrico de 1600 W con carcasa de acero inoxidable, con interruptor por aproximación de las manos con un minuto de tiempo máximo de funcionamiento.	196,23	4,13	200,36
3.13	<b>Horno microondas.</b> Distribución e instalación de horno microondas de 18 litros con plato giratorio y 800 W. Amortizable en quince usos.	39,84	10,60	50,44
3.14	<b>Mesa comedor y asientos.</b> Distribución y colocación de mesa para comedor con asientos de madera y soporte metálico, de dimensiones 1,6 x 1,00 m. Amortizable en quince usos.	42,07	10,43	52,50
3.15	<b>Banco madera.</b> Distribución y colocación de banco de madera para 5 personas. Amortizable en 10 usos	44,64	8,16	52,80

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
3.16	<b>Cubo con pedal.</b> Distribución de cubo con cubo con pedal de 25 litros de capacidad totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	17,60	NA	17,60
3.17	<b>Espejo.</b> Espejo para vestuarios y aseos, colocado.	12,49	1,69	14,18

❖ **Medicina preventiva y primeros auxilios.**

Medicina preventiva y primeros auxilios				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
4.1	<b>Botiquín de urgencia.</b> Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco, con contenidos mínimos obligatorios, totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	94,47	1,69	96,16
4.2	<b>Reposición de botiquín.</b> Reposición de los componentes propios del contenido del botiquín totalmente colocados.	39,65	NA	39,65
4.3	<b>Camilla portátil.</b> Camilla portátil para evacuaciones. Amortizable en diez usos.	35,44	NA	35,44
4.4	<b>Reconocimiento médico.</b> Reconocimiento médico básico anual por trabajador, compuesto por control visión, audiometría y analítica de sangre y orina con 6 parámetros.	48,26	NA	48,26

❖ **Prevención y formación.**

Prevención y formación				
Nº	Descripción	Material	MO	Precio (€)
5.1	<b>Formación en materia de seguridad.</b> Coste mensual de la formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.	78,88	NA	78,88
5.2	<b>Comité de seguridad.</b> Coste mensual del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de oficial de segunda o ayudante y un vigilante con categoría de oficial de primera.	110,70	NA	110,70
5.3	<b>Asistencia de seguridad.</b> Asistencia técnica, inspecciones, informes, etc., de seguridad y salud en el trabajo, considerando tres horas a la semana y realizada por un encargado.	72,88	NA	72,88

**2.9.5.3 Presupuestos parciales**❖ **Protecciones individuales.**

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.1	<b>Casco de seguridad contra impactos.</b> Distribución de casco de seguridad homologado con arnés de adaptación, en material resistente al impacto para uso normal, clase N. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	15,00	2,64	39,60
1.2	<b>Casco de seguridad eléctrico.</b> Distribución de casco de seguridad homologado contra el riesgo eléctrico con arnés de adaptación para uso en baja tensión, en material resistente al impacto, clase E-BT. Amortizable en diez usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,00	4,04	20,20



Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.3	<b>Gafas de protección contra impactos.</b>  Distribución de montura óptica de propionato. Patillas con armadura y protectores laterales muy amplios. Bisagra de 5 pasos. Existen en 2 calibres: 58 y 42. Oculares carboglás. Excelente modelo para montar oculares correctores. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,00	8,52	102,24
1.4	<b>Gafas de protección contra ambientes pulvígenos.</b>  Distribución de gafas antipolvo antiempañables, panorámicas. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,00	4,00	20,00
1.5	<b>Gafas de protección para soldadura autógena.</b>  Distribución de gafas de protección para soldadura autógena con armadura y protectores laterales muy amplios. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	10,42	31,26
1.6	<b>Pantalla de seguridad para soldador.</b>  Distribución de pantalla de mano homologada para soldadura de poliamida y fibra de vidrio, cristal de dimensiones 110 x 55 cm. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	12,00	36,00
1.7	<b>Par de guantes de cuero.</b>  Distribución de guantes de trabajo de cuero y loneta. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,00	2,29	27,48
1.8	<b>Par de guantes aislantes.</b>  Distribución de guantes con puños engomados para instalaciones eléctricas. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6,00	8,52	51,12

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.9	<b>Par de guantes de goma.</b> Distribución de guantes de goma impermeables. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,00	3,00	15,00
1.10	<b>Par de guantes de soldador.</b> Distribución de guantes de soldador acolchados con puño de 20 cm. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	6,25	18,75
1.11	<b>Par de botas de seguridad.</b> Distribución de botas de seguridad con piso vulcanizado de acrílonitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de 0,24, pieles curtidas de 2,2 - 2,4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,00	20,48	245,76
1.12	<b>Par de botas de agua.</b> Distribución de botas de agua en PVC, con forro interior y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,00	22,47	112,35
1.13	<b>Par de botas de seguridad eléctricas.</b> Distribución de botas de seguridad eléctricas, fabricadas con material aislante de la electricidad, varias tallas, dotadas de suela antideslizante, para protección de trabajos en baja tensión. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6,00	26,25	157,50

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.14	<b>Mascarilla.</b> Distribución de mascarilla homologada de caucho natural con doble filtro químico, y filtros de recambio. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	18,00	14,65	263,70
1.15	<b>Cascos protectores auditivos.</b> Distribución de protectores auditivos con arnés a la nuca. Amortizable en tres usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6,00	5,20	31,20
1.16	<b>Mono de trabajo.</b> Distribución de mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón o tejido ligero y flexible. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	20,00	16,24	324,80
1.17	<b>Traje impermeable.</b> Distribución de traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC. Amortizable en cinco usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	5,00	9,22	46,10
1.18	<b>Par de polainas de soldadura.</b> Distribución de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm con cierre de velcro. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	8,18	24,54
1.19	<b>Par de manguitos de soldadura.</b> Distribución de manguitos de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	9,50	28,50
1.20	<b>Mandil de soldadura.</b> Distribución de mandil de soldador. Amortizable en dos usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	3,00	12,50	37,50

Protecciones individuales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.21	<b>Arnés de amarre dorsal y torsal.</b> Distribución de arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cinta de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	4,00	65,53	262,12
1.22	<b>Faja de protección lumbar.</b> Distribución de faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	6,00	9,97	59,82
1.23	<b>Chaleco reflectante.</b> Distribución de chaleco llamativo y reflectante de seguridad personal, color amarillo o rojo. Amortizable en cuatro usos. Certificado CE. Según normas de los EPI, RD 773/1997 y RD 1407/1992.	12,00	10,44	125,28

#### ❖ Protecciones colectivas.

Protecciones colectivas				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
2.1	<b>Extintor manual de 5 kg CO<sub>2</sub>.</b> Distribución y colocación de extintor manual de eficacia 89B con 5 kg de agente extintor, con manguera y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	5,00	59,66	298,30
2.2	<b>Extintor manual de 9 kg polvo ABC.</b> Distribución y colocación de extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/144B, de 9 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y trompa difusora. Amortizable en tres usos. Según normas EN-3:1996 y RD 486/1997.	3,00	55,42	166,26

Protecciones colectivas				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
2.3	<b>Tapa provisional para arqueta.</b> Tapa provisional para las arquetas, huecos de forjado o asimilables, formada mediante tabloncillos de madera de 20 x 5 cm, armados mediante clavazón incluso colocación. Amortizable en cuatro usos.	6,00	12,61	75,66
2.4	<b>Tapa provisional para pozo.</b> Tapa provisional para pozos, pilotes o asimilables de 100 x 100 cm, formada mediante tabloncillos de madera de 20 x 5 cm armados mediante encolado y clavazón, zócalo de 20 cm de altura, incluso fabricación y colocación. Amortizable en cuatro usos.	6,00	14,78	88,68
2.5	<b>Barandilla protección laterales zanjas.</b> Barandilla de protección laterales de zanjas, compuesta por tres tabloncillos de madera de pino de 20 x 5 cm y estacas de madera de D = 8 cm, hincadas en el terreno cada metro. Amortizable en tres usos. Según norma RD 486/1997.	1.000,00	7,68	7.680,00
2.6	<b>Transformador de seguridad.</b> Montaje e instalación de transformación de seguridad con primario para 220 V y secundario de 24 V, 1000 VA. Amortizable en dos usos. Según norma RD 486/1997.	1,00	83,13	83,13
2.7	<b>Señal triangular.</b> Señal triangular de 70 cm de lado. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	10,00	10,71	107,10
2.8	<b>Señal circular.</b> Señal circular de diámetro 60 cm. Amortizable en cinco usos. Según norma RD 485/1997.	10,00	10,93	109,30
2.9	<b>Cinta de balizamiento.</b> Cinta para balizamiento, de material de plástico, de 8 cm de anchura, impresa por ambas caras en franjas de color rojo y blanco. Amortizable en tres usos. Según norma RD 485/1997.	1.000,00	1,08	1.080,00

Protecciones colectivas				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
2.10	<b>Valla peatonal.</b> Valla peatonal de hierro de 1,10 x 2,50 m, color amarillo con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, dos pies metálicos, incluso placa para publicidad. Amortizable en veinte usos. Según norma RD 486/1997.	30,00	2,55	76,50

#### ❖ Instalaciones provisionales.

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
3.1	<b>Alquiler caseta de oficina.</b> Unidad de alquiler mensual de caseta modular de dimensiones 6 x 2,40 m con puerta exterior metálica de 0,80 x 1,90 m y 2 ventanas correderas de aluminio de 1,00 x 1,00 m con contraventanas, para uso en obra, colocada y montada, incluso parte proporcional de preparación del terreno, descarga y carga de los mismos, transporte y seguro de responsabilidad civil de incendios. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 18 meses. Según norma RD 486/1997.	14,00	288,62	4.040,68
3.2	<b>Alquiler caseta de aseo.</b> Unidad de alquiler mensual de caseta prefabrica de 8 x 2,5 m para aseo de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.	14,00	160,50	2.247,00

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
3.3	<b>Alquiler caseta de vestuario.</b>  Unidad de alquiler mensual de caseta vestuario de 8 x 2,5 m, modular de obra de 1,35 x 1,35 m con estructura metálica, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido. Revestimiento de PVC en suelos y tablero melaminado en paredes. Equipada con placa de ducha y un lavabo. Instalación eléctrica monofásica a 220 V. Según norma RD 486/1997.	14,00	100,50	1.407,00
3.4	<b>Alquiler caseta de comedor.</b>  Mes de alquiler de caseta prefabricada de 18 m <sup>2</sup> para comedor de obra de 7,87 x 2,33 x 2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada, pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero, melaminado de color. Cubierta en arco de chapa galvanizada, ondulada, reforzada con perfil de acero, fibra de vidrio de 60 mm e interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo de base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8 x 2 m, de chapa galvanizada de 1 mm, reforzada y con poliestireno de 20 mm, picaporte y cerradura. Dos ventanas de aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica a 220 V, toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W, enchufes para 1500 W y punto de luz exterior de 60 W. Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Precio condicionado a una duración mínima de alquiler de 12 meses. Según norma RD 486/1997.	14,00	202,00	2.828,00
3.5	<b>Acometida de electricidad.</b>  Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4 x 10 mm <sup>2</sup> . De tensión nominal 1000 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m. Instalada.	1,00	68,50	68,50

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
3.6	<b>Acometida de agua.</b>  Acometida provisional de fontanería para obra de la red general municipal de agua potable hasta una longitud máxima de 8 m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro, de alta densidad y para 10 atmósferas de presión máxima con collarín de toma de fundición, parte proporcional de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso derechos y permisos para la conexión, terminada y funcionando, y sin incluir la rotura del pavimento.	1,00	91,08	91,08
3.7	<b>Acometida de saneamiento.</b>  Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m, formada por rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia media, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa H-150, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con la parte proporcional de medios auxiliares.	1,00	413,20	413,20
3.8	<b>Acometida de teléfono.</b>  Acometida provisional de teléfono a caseta de obra. Según normas de la CTNE.	1,00	75,20	75,20



Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
3.9	<b>Cuadro eléctrico general de obra.</b> Cuadro eléctrico general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 40 kW. Compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 90 x 60 cm, índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico más diferencial de 4 x 125 A, un interruptor automático magnetotérmico de 4 x 63 A, y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2 x 25 A, incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornes de salida y parte proporcional de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 ohmios. Instalado. Amortizable en cuatro obras. Según norma RD 486/1997.	1,00	214,81	214,81
3.10	<b>Jabonera.</b> Distribución de jabonera en color blanco totalmente instalada. Amortizable en un solo uso.	6,00	10,52	63,12
3.11	<b>Taquilla metálica individual.</b> Montaje e instalación de taquilla metálica individual. Amortizable en tres usos.	20,00	33,10	662,00
3.12	<b>Secamanos eléctrico.</b> Secamanos eléctrico de 1600 W con carcasa de acero inoxidable, con interruptor por aproximación de las manos con un minuto de tiempo máximo de funcionamiento.	6,00	200,36	1.202,16
3.13	<b>Horno microondas.</b> Distribución e instalación de horno microondas de 18 litros con plato giratorio y 800 W. Amortizable en quince usos.	2,00	50,44	100,88
3.14	<b>Mesa comedor y asientos.</b> Distribución y colocación de mesa para comedor con asientos de madera y soporte metálico, de dimensiones 1,6 x 1,00 m. Amortizable en quince usos.	2,00	52,50	105,00

Instalaciones provisionales				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
3.15	<b>Banco madera.</b> Distribución y colocación de banco de madera para 5 personas. Amortizable en 10 usos	4,00	52,80	211,20
3.16	<b>Cubo con pedal.</b> Distribución de cubo con cubo con pedal de 25 litros de capacidad totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	6,00	17,60	105,60
3.17	<b>Espejo.</b> Espejo para vestuarios y aseos, colocado.	2,00	14,18	28,36

❖ **Medicina preventiva y primeros auxilios.**

Medicina preventiva y primeros auxilios				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
4.1	<b>Botiquín de urgencia.</b> Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco, con contenidos mínimos obligatorios, totalmente colocado. Amortizable en diez usos.	4,00	96,16	384,64
4.2	<b>Reposición de botiquín.</b> Reposición de los componentes propios del contenido del botiquín totalmente colocados.	4,00	39,65	158,60
4.3	<b>Camilla portátil.</b> Camilla portátil para evacuaciones. Amortizable en diez usos.	2,00	35,44	70,88
4.4	<b>Reconocimiento médico.</b> Reconocimiento médico básico anual por trabajador, compuesto por control visión, audiometría y analítica de sangre y orina con 6 parámetros.	20,00	48,26	965,20

❖ **Prevención y formación.**

Prevención y formación				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
5.1	<b>Formación en materia de seguridad.</b> Coste mensual de la formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.	20,00	78,88	1.577,60
5.2	<b>Comité de seguridad.</b> Coste mensual del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de oficial de segunda o ayudante y un vigilante con categoría de oficial de primera.	20,00	110,70	2.214,00
5.3	<b>Asistencia de seguridad.</b> Asistencia técnica, inspecciones, informes, etc., de seguridad y salud en el trabajo, considerando tres horas a la semana y realizada por un encargado.	60,00	72,88	4.372,80

**2.9.5.4 Resumen del presupuesto**

Resumen del presupuesto			
Nº	Descripción	Importe (€)	Porcentaje (%)
1	Protecciones individuales	2.080,82	5,87
2	Protecciones colectivas	9.764,93	27,54
3	Instalaciones provisionales	13.863,79	39,10
4	Medicina preventiva y primeros auxilios	1.579,32	4,46
5	Prevención y formación	8.164,40	23,03
<b>TOTAL</b>		<b>35.453,26</b>	<b>100</b>

El presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de **TREINTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con VEINTISÉIS CÉNTIMOS.**

Narón (A Coruña), junio de 2020.

El autor del Estudio de Seguridad y Salud.

Fdo.: Pablo Morgade Fernández.

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ANEXO 10: CATÁLOGOS**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ANEXO 10: CATÁLOGOS**

2.10	ANEXO 10: CATÁLOGOS .....	683
2.10.1	Prysmian .....	684
2.10.2	General Cable .....	690
2.10.3	Chint Electrics .....	704
2.10.4	Philips Lighting Spain S.L.U. ....	712
2.10.5	Hispanofil .....	715
2.10.6	Circutor .....	716

## **2.10 ANEXO 10: CATÁLOGOS**

El anexo 10 indica los catálogos más relevantes utilizados en la redacción del presente proyecto de ejecución en un polígono industrial.

# Características constructivas

## Media Tensión

### TECNOLOGÍA COMPACT EN CABLES EPROTENAX

La conjunción entre la alta tecnología empleada en la elaboración de los cables de Alta Tensión y la larga experiencia de **PRYSMIAN SPAIN, S.A.** en la formulación de mezclas especiales de EPR han permitido la creación de un aislamiento de aplicación en la Media Tensión a base de **Etileno-Propileno de Alto Módulo (HEPR)** capaz de trabajar a un alto gradiente (lo que significa menores espesores de aislamiento) y, además, no sólo mantener todas las cualidades inherentes a los tradicionales aislamientos de EPR, sino incluso superarlas. Al poder trabajar a una temperatura de servicio de 105 °C, estos cables tienen la posibilidad de transmitir más potencia que cualquier otro cable de la misma sección. Además, sus menores dimensiones hacen de él un cable más manejable, menos pesado y más fácil de transportar.

(Los cables satisfacen los **ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2**).



#### Más capacidad de transporte a igualdad de sección.

Por incremento de la **temperatura de servicio** de 90 °C a **105 °C**.

#### Menos diámetro exterior del cable.

Por incremento del gradiente de trabajo, **reducción del espesor del aislamiento** y por su posible reducción de una **sección del conductor**.

#### Más facilidad de instalación.

Por su **mayor flexibilidad y menor peso y diámetro**.

#### Menos coste de la línea eléctrica.

- Resistencia a la absorción del agua.
- Resistencia a los golpes.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia al desgarro.
- Facilidad de instalación.
- Elevada resistencia a los rayos U.V.



# Características constructivas

Media Tensión

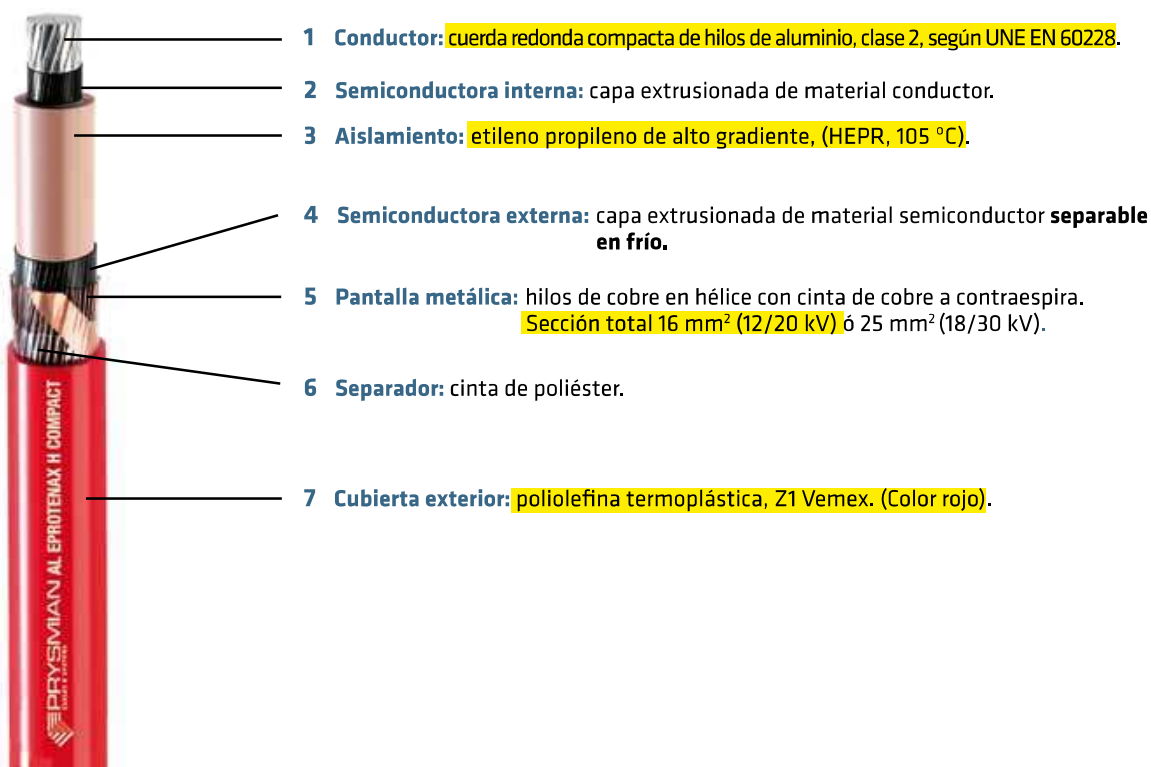
## CABLE AL EPROTENAX H COMPACT 12/20 kV, 18/30 kV

### ESTRUCTURA DEL CABLE NORMALIZADO POR IBERDROLA E HIDROCANTÁBRICO

Tipo:	AL HEPRZ1
Tensión:	12/20 kV, 18/30 kV
Norma de diseño:	UNE HD 620-9E

(Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2).

#### Composición:



# Características constructivas

## Media Tensión

### DATOS TÉCNICOS DEL CABLE AL EPROTENAX H COMPACT (NORMALIZADO POR IBERDROLA)

#### AL HEPRZ1

#### CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Código	Ø Nominal aislamiento* (mm)	Espesor aislamiento (mm)	Ø Nominal exterior* (mm)	Espesor cubierta (mm)	Peso aproximado (kg/km)	Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)
<b>12/20 kV</b>								
1x50/16	20996806	18,1	4,5	25,8	2,5	780	387	516
1x95/16 (1)	20994668	20,9	4,3	28,6	2,7	960	429	572
1x150/16 (1)	20995788	23,8	4,3	32	3	1200	480	640
1x240/16 (1)	20995789	28	4,3	36	3	1600	540	720
1x400/16 (1)	20996809	33,2	4,3	41,3	3	2130	620	826
1x630/16	20034725	41,5	4,5	49,5	2,7	3130	743	990
<b>18/30 kV</b>								
1x95/25 (1)	20020826	25,7	6,7	34,4	3	1330	516	688
1x150/25 (1)	20996810	27,6	6,2	36,3	3	1500	545	726
1x240/25 (1)	20996811	31,8	6,2	40,4	3	1900	606	808
1x400/25 (1)	20996808	37	6,2	45,7	3	2550	686	914
1x630/25 (1)	20993046	45,3	6,4	53,4	3	3600	801	1068

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola

\*Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación)

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	12/20 kV	18/30 kV
Tensión nominal simple, U <sub>0</sub> (kV)	12	18
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20	30
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub> (kV)	24	36
Tensión a impulsos, U <sub>p</sub> (kV)	125	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	105	
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250	

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV (pant, 16 mm <sup>2</sup> )	18/30 kV (pant, 25 mm <sup>2</sup> )
1x50/16	135	145	180	4700	3130	4630
1x95/16 (1)	200	215	275	8930	3130	4630
1x150/16 (1)	255	275	360	14100	3130	4630
1x240/16 (1)	345	365	495	22560	3130	4630
1x400/16 (1)	450	470	660	37600	3130	4630
1x630/16	590	615	905	59220	3130	4630

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola en 12/20 kV y 18/30 kV

(2) Sección homologada por la compañía Iberdrola en 18/30 kV

\*Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K·m/W

\*\*Condiciones de instalación: una terna de cables al aire (a la sombra) a 40 °C

\*\*\*Calculado de acuerdo con la norma IEC 60949

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Resistencia del conductor a T máx (105 °C) (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)		Capacidad μF/km	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1x50/16	0,641	0,861	0,132	0,217	0,147	0,147
1x95/16 (1)	0,320	0,430	0,118	0,129	0,283	0,204
1x150/16 (1)	0,206	0,277	0,110	0,118	0,333	0,250
1x240/16 (1)	0,125	0,168	0,102	0,109	0,435	0,301
1x400/16 (1)	0,008	0,105	0,096	0,102	0,501	0,367
1x630/16 (2)	0,047	0,0643	0,090	0,095	0,614	0,095

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola en 12/20 kV y 18/30 kV

(2) Sección homologada por la compañía Iberdrola en 18/30 kV

**NOTA:** valores obtenidos para una terna de cables al tresbolillo.

# AL EPROTENAX H COMPACT AL HEPRZ1 (NORMALIZADO POR IBERDROLA)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV  
Norma diseño: UNE-HD 620-9E  
Designación genérica: AL HEPRZ1



## CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



**LIBRE DE HALÓGENOS**  
EN 60754-1  
IEC 60754-1



**REDUCIDA EMISIÓN DE GASES TÓXICOS**  
EN 60754-2  
IEC 60754-2



**BAJA OPACIDAD DE HUMOS**  
EN 61034-2  
IEC 61034-2



**DESCÁRGATE**  
la DoP (Declaración de  
Prestaciones) en este código QR.  
[www.prysmianclub.es/cprblog/DoP](http://www.prysmianclub.es/cprblog/DoP)



**Nº DoP 1003884**



**ALTA RESISTENCIA  
A LA ABSORCIÓN  
DE AGUA**



**RESISTENCIA  
AL FRÍO**



**RESISTENCIA  
A LOS RAYOS  
ULTRAVIOLETA**



**CAPA SEMICONDUCTORA EXTERNA PELABLE EN FRÍO** Mayor facilidad de instalación de terminales, empalmes o conectores separables. Instalación más segura al ejecutarse más fácilmente con corrección.

**TRIPLE EXTRUSIÓN** Capa semiconductora interna, aislamiento y capa semiconductora externa se extruyen en un solo proceso. Mayor garantía al evitarse deterioros y suciedad en las interfases de las capas.

**AISLAMIENTO RETICULADO EN CATENARIA** Mejor reticulación de las cadenas poliméricas. Mayor vida útil.

**CUBIERTA VEMEX** Mayor resistencia a la absorción de agua, al rozamiento y abrasión, a los golpes, al desgarro, mayor facilidad de instalación en tramos tubulares, mayor seguridad de montaje. Resistencia a los rayos uva.

**GARANTÍA ÚNICA PARA EL SISTEMA** Posibilidad de instalación con accesorios Prysmian (terminales, empalmes, conectores separables).

**MAYOR INTENSIDAD ADMISIBLE** Por mayor temperatura de servicio gracias al aislamiento de HEPR (105 °C frente a 90 °C del XLPE).

**MENOR DIÁMETRO EXTERIOR** Mayor facilidad de instalación por su mayor flexibilidad y menores peso y diámetro que redunda en un menor coste de la línea eléctrica.

**FORMULACIÓN DE AISLAMIENTO PRYSMIAN** Mayor vida útil gracias a la formulación propia basada en la amplia experiencia de Prysmian.

**EXCELENTE COMPORTAMIENTO FRENTE A LA ACCIÓN DEL AGUA** Gracias a su aislamiento de goma HEPR de formulación Prysmian.

**NORMALIZADO POR IBERDROLA**

- Temperatura de servicio: -25 °C, +105 °C,
  - Ensayo de tensión alterna durante 5 min. (tensión conductor-pantalla): 42 kV (cables 12/20 kV), 63 kV (cables 18/30 kV).
- Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2.

### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): **Fca**.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.

### Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- Libre de halógenos: EN 60754-1; EN 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; IEC 60754-2.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.

## CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

# AL EPROTENAX H COMPACT AL HEPRZ1 (NORMALIZADO POR IBERDROLA)

Tensión asignada: **12/20 kV, 18/30 kV**  
Norma diseño: **UNE-HD 620-9E**  
Designación genérica: **AL HEPRZ1**



## CONSTRUCCIÓN

### CONDUCTOR

**Metal:** cuerda redonda compacta de hilos de aluminio.

**Flexibilidad:** clase 2, según UNE-EN 60228

**Temperatura máxima en el conductor:** 105 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

### SEMICONDUCTORA INTERNA

Capa extrusionada de material conductor.

### AISLAMIENTO

**Material:** etileno propileno de alto módulo (HEPR, 105 °C). **Espesor reducido.**

### SEMICONDUCTORA EXTERNA

Capa extrusionada de material semiconductor **separable en frío.**

### PANTALLA METÁLICA

**Material:** hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.

**Sección total** 16 mm<sup>2</sup> (12/20 kV) ó 25 mm<sup>2</sup> (18/30 kV).

### SEPARADOR

Cinta de poliéster.

### CUBIERTA EXTERIOR

**Material:** poliolefina termoplástica, Z1 Vemex.

**Color:** rojo.

## DATOS TÉCNICOS

### CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1 x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Ø NOMINAL AISLAMIENTO* (mm)	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	Ø NOMINAL EXTERIOR* (mm)	ESPESOR CUBIERTA (mm)	PESO APROXIMADO (kg/km)	RADIO DE CURVATURA ESTÁTICO (POSICIÓN FINAL) (mm)	RADIO DE CURVATURA DINÁMICO (DURANTE TENDIDO) (mm)
<b>12/20 kV</b>							
1 x 50/16	18,1	4,5	25,8	2,5	780	387	516
1 x 95/16 (1)	20,9	4,3	28,6	2,7	960	429	572
1 x 150/16 (1)	23,8	4,3	32	3	1200	480	640
1 x 240/16 (1)	28	4,3	36	3	1600	540	720
1 x 400/16 (1)	33,2	4,3	41,3	3	2130	620	826
1 x 630/16	41,5	4,5	49,5	2,7	3130	743	990
<b>18/30 kV</b>							
1 x 95/25 (1)	25,7	6,7	34,4	3	1330	516	688
1 x 150/25 (1)	27,6	6,2	36,3	3	1500	545	726
1 x 240/25 (1)	31,8	6,2	40,4	3	1900	606	808
1 x 400/25 (1)	37	6,2	45,7	3	2550	686	914
1 x 630/25 (1)	45,3	6,4	53,4	3	3600	801	1068

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola.

(\*) Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación).

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	12/20 kV	18/30 kV
Tensión nominal simple, U <sub>0</sub> (kV)	12	18
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20	30
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub> (kV)	24	36
Tensión a impulsos, U <sub>p</sub> (kV)	125	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)		105
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)		250

## CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

# AL EPROTENAX H COMPACT AL HEPRZ1 (NORMALIZADO POR IBERDROLA)

Tensión asignada: **12/20 kV, 18/30 kV**  
Norma diseño: **UNE-HD 620-9E**  
Designación genérica: **AL HEPRZ1**



## DATOS TÉCNICOS

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO EL TUBO Y ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DIRECTAMENTE ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR DURANTE 1s (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA DURANTE 1s*** (A)	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV (pant, 16 mm²)	18/30 kV (pant, 25 mm²)
1 x 50/16	135	145	180	4700	3130	4630
1 x 95/16 (1)	200	215	275	8930	3130	4630
1 x 150/16 (1)	255	275	360	14100	3130	4630
1 x 240/16 (1)	345	365	495	22560	3130	4630
1 x 400/16 (1)	450	470	660	37600	3130	4630
1 x 630/16 (2)	590	615	905	59220	3130	4630

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola en 12/20 kV y 18/30 kV.

(2) Sección homologada por la compañía Iberdrola en 18/30 kV.

(\*) Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K·m/W.

(\*\*) Condiciones de instalación: una terna de cables al aire (a la sombra) a 40 °C.

(\*\*\*) Calculado de acuerdo con la norma IEC 60949.

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm²)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A T 20 °C (Ω/km)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A T MÁX (105 °C) (Ω/km)	REACTANCIA INDUCTIVA (Ω/km)		CAPACIDAD μF/km	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1 x 50/16	0,641	0,861	0,132	0,217	0,147	0,147
1 x 95/16 (1)	0,320	0,430	0,118	0,129	0,283	0,204
1 x 150/16 (1)	0,206	0,277	0,110	0,118	0,333	0,250
1 x 240/16 (1)	0,125	0,168	0,102	0,109	0,435	0,301
1 x 400/16 (1)	0,008	0,105	0,096	0,102	0,501	0,367
1 x 630/16 (2)	0,047	0,0643	0,090	0,095	0,614	0,095

(1) Secciones homologadas por la compañía Iberdrola en 12/20 kV y 18/30 kV.

(2) Sección homologada por la compañía Iberdrola en 18/30 kV

**NOTA:** valores obtenidos para una terna de cables en contacto y al tresbolillo.

VULPREN<sup>class</sup>

# VULPREN<sup>®</sup> Class

HEPRZ1 AL H16

12/20 (24) kV y 18/30 (36) kV



## NORMAS:

### CONSTRUCCIÓN

IBERDROLA NI 56.43.01

### REACCIÓN AL FUEGO

IEC 60754-1

IEC 60754-2



## CLASIFICACIÓN CPR:

DOP 0014 Rev.001

Clase F<sub>ca</sub>

## CONSTRUCCIÓN:

### 1. CONDUCTOR

Aluminio semirrígido, clase 2 según IEC 60228.

### 2. PANTALLA SOBRE CONDUCTOR

Semiconductor extruido.

### 3. AISLAMIENTO

Etileno-propileno de alto módulo 105 °C (HEPR)).

### 4. PANTALLA SOBRE AISLAMIENTO

Semiconductor extruido.

### 5. PANTALLA METÁLICA

Hilos de cobre.

### 6. CUBIERTA EXTERNA

Polietileno (PE).

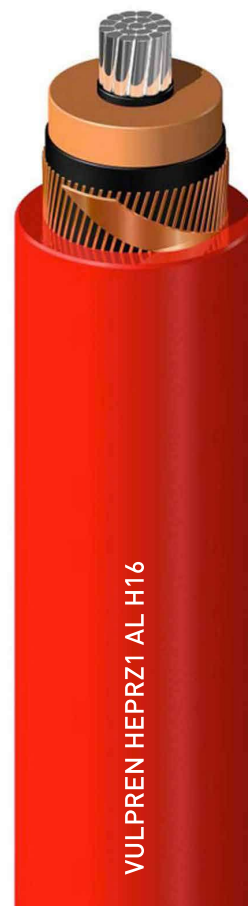
## APLICACIONES:

Pueden instalarse al aire, en bandejas o enterrados.

Cubierta resistente a la abrasión y al desgarró. Fácil deslizamiento.

Cables libre de halógenos

\*Prestaciones al margen del ámbito CPR.



**CERTIFICACIONES:** AENOR



**VULPREN® Class**  
HEPRZ1 AL H16  
12/20 [24] kV y 18/30 [36] kV

**VULPREN** class

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm²)	Diámetro sobre aislamiento <sup>(1)</sup> (mm)	Diámetro exterior <sup>(1)</sup> (mm)	Peso <sup>(1)</sup> (kg/km)	Radio mínimo de curvatura <sup>(1)</sup> (mm)	Inten-sidades admisibles al aire <sup>(2)</sup> (A)	Inten-sidades admisibles enterra-dos <sup>(2)</sup> (A)	Rc.c. a 20 °C (Ωm/km)	Rc.a. a 90 °C, 50 Hz (Ωm/km)	Inductan-cia (mH/km)	Reactancia a 50 Hz (Ωm/km)	Capacidad (µF/km)
-------------------------	---------------	--	---------------------------------------	-----------------------------	---	---	---	-----------------------	------------------------------	----------------------	----------------------------	-------------------

### 12/20 (24) kV

1310114	50	17,5	25,8	735	390	180	145	0,641	0,822	0,441	0,138	0,213
1310116	95	20,7	30,0	995	455	275	215	0,320	0,411	0,393	0,123	0,269
1310118	150	23,7	33,0	1.220	500	360	275	0,206	0,265	0,364	0,114	0,320
1310120	240	27,6	36,9	1.590	555	495	365	0,125	0,161	0,336	0,105	0,387
1310122	400	32,6	41,9	2.140	630	660	470	0,0778	0,102	0,311	0,098	0,472

### 18/30 (36) kV

1311114	50	24,9	33,6	1.115	505	180	145	0,641	0,822	0,493	0,155	0,140
1311116	95	24,5	33,8	1.195	510	275	215	0,320	0,411	0,417	0,131	0,205
1311118	150	27,5	37,4	1.535	565	360	275	0,206	0,265	0,389	0,122	0,241
1311120	240	31,4	41,3	1.930	620	495	365	0,125	0,161	0,358	0,113	0,288
1311122	400	36,4	46,3	2.515	695	660	470	0,0778	0,102	0,330	0,104	0,347

<sup>(1)</sup> Valores sujetos a variación en función de las tolerancias dimensionales.

<sup>(2)</sup> Intensidades admisibles de acuerdo con UNE 211435 Tabla A.5.2, tres conductores dispuestos en trébol, al aire a 40 °C, enterrados a 25 °C, 1 m, 1,5 Km/W.



**VULPREN** class **HEPRZ1 12/20 kV**

**VULPREN** class **HEPRZ1 18/30 kV**



## DESCRIPCIÓN

Denominación Técnica: **HEPRZ1**

Clase CPR: **F<sub>ca</sub>**

Norma constructiva y de ensayos: **NI 56.43.01**

Conductor: **Al Clase 2**

Triple extrusión: **Semiconductor interior, aislamiento HEPR, semiconductor exterior**

Cubierta: **Poliolefina tipo DMZ1**

Temperatura máxima del conductor: **105° C**

Pantalla hilos: **H16 mm<sup>2</sup>**

Pantalla hilos: **H16 mm<sup>2</sup> para 95mm<sup>2</sup>, resto H25 mm<sup>2</sup>**

**Libre de halógenos UNE-EN 60754-1**

**Aplicación:** **Distribución de energía en media tensión para instalaciones al aire, entubados y enterrados.**

## NORMA IBERDROLA



UNE-EN 50575



12/20 kV



UNE-EN 50575



18/30 kV



### + INFORMACIÓN

Ficha Técnica

Vídeo CPR

Portal CPR

<http://goo.gl/4w6EJ6>

<http://goo.gl/qzgNjq>

<http://goo.gl/gTsVaa>





**VULPREN** class

HEPRZ1 12/20 kV

**TARIFA GC-18**

**BOBINAS NORMA IBERDROLA**

Código	Sección mm²	GC1 €/Km	Suministro Standard Embalaje	Suministro Standard m
1310114RJP	1x50	9107	T-20	2.000
1310116RJP	1x95	11264	T-18	1.000
1310118RJP	1x150	12632	T-20	1.000
1310120RJP	1x240	15643	T-22 / T-23	1.000
1310122RJP	1x400	20384	T-22 / T-23	1.000

**VULPREN** class

HEPRZ1 18/30 kV

**TARIFA GC-18**

**BOBINAS NORMA IBERDROLA**

Código	Sección mm²	GC1 €/Km	Suministro Standard Embalaje	Suministro Standard m
1311116RJP	1x95	16623		
1311118RJP	1x150	17934	T-20	1.000
1311120RJP	1x240	22536		
1311122RJP	1x400	28052		



**CARGOS Y ABONOS PARA BOBINAS Y PALETS DE MADERA**
**TARIFA GC-18**

TIPOS DE BOBINAS Y DIMENSIONES		CARGO EN EUROS X BOBINA O PALET EXPEDIDA		
TIPO UNE	DIMENSIONES mm	Bobina / Palet	Duelas	Total
06*	630 x 315 x 370	65,30	6,52	71,82 (A)
5P	500 x 200 x 300	59,12		59,12
6P	600 x 300 x 500	65,30	6,52	71,82
07	700 x 350 x 520	70,98	7,10	78,08
7P	750 x 400 x 588	70,98	7,10	78,08 (A)
08*	800 x 400 x 520	76,42	7,65	84,07
8P	800 x 400 x 608	76,42	7,65	84,07
09	900 x 350 x 520	101,52	10,15	111,67 (A)
10*	1000 x 500 x 610	140,60	14,13	154,73 (A)
10P	1000 x 400 x 662	140,60	14,13	154,73
11	1100 x 400 x 610	142,77	14,28	157,05
12*	1250 x 630 x 710	214,35	21,41	235,76
13	1300 x 500 x 680	232,70	23,26	255,96
14*	1400 x 710 x 810	281,52	28,15	309,67
16*	1600 x 900 x 980	383,62	38,26	420,88
18*	1800 x 1120 x 960	545,38	54,51	599,89
20*	2000 x 1150 x 960	698,86	69,89	768,75
21*	2200 x 1400 x 1120	889,08	88,91	977,99
22*	2240 x 1400 x 1190	889,08	88,91	977,99
23	2300 x 1400 x 1000	889,08	88,91	977,99
25*	2500 x 1500 x 1190	1.300,00	130,00	1.430,00
26*	2600 x 1600 x 1120	1.690,71	169,13	1.859,84
27*	2700 x 1800 x 1170	1.690,71	169,13	1.859,84
49	800 x 500 x 610	119,88	11,99	131,87
50	1000 x 600 x 590	149,04	14,90	163,94
80*	1200 x 700 x 570	240,40	24,09	264,49
81*	1200 x 800 x 570	240,40	24,09	264,49
82*	1400 x 800 x 650	307,61	30,78	338,39
Bobina plástico P-500	500 x 315 x 180	36,23	-	36,23
Bobina plástico P-85	500 x 160 x 355	20,13	-	20,13
Europark	400 x ---- x 400	56,34	-	56,34
PAL 1280 / PAL 128R	"Euro" 1200 x 800	9,91	-	9,91
PAL 8080	"Euro R" 800 x 800	8,51	-	8,51
PAL 8060	"1/2 Euro" 800 x 600	6,21	-	6,21
PAL 6080	"1/2 Euro" 600 x 800	6,21	-	6,21
PAL 1212	1200 x 1200	14,41	-	14,41
PAL 1000	1000 x 1000	12,81	-	12,81

\*Dimensiones s/UNE

(A) Estas bobinas pueden sumintarse sin duelas a petición y responsabilidad del cliente.

**DIMENSIONES BOBINAS** = Diámetro Plato x Diámetro Tambor x Ancho útil.

**DIMENSIONES PALET** = Largo x ancho.

**CONDICIONES GENERALES:** Las duelas se cargarán en factura como embalaje sin abono por retorno. A la devolución de las bobinas y palets, susceptibles de reutilización y a portes pagados, dentro de los dos años siguientes a su expedición, se abonará el 70% del valor facturado. **No se efectuará ningún abono por bobinas y palets que permanezcan más de DOS años fuera de nuestra Empresa.**

Envío Franco Fabrica **Los Pedidos Inferiores a 600€, tienen un**

**sobrecoste de 30 €. I.V.A. No Incluido.**

**Real Decreto 782/1.998:** Artículo 18.1 del Reglamento: "El responsable de la entrega del residuo de envase o envase usado, para su correcta gestión ambiental será el poseedor final".

**Ley 11/1.997 Art. 14.2:** "Queda prohibida la comercialización de envases etiquetados o marcados con la leyenda de NO RETORNABLES u otra de contenido similar"

**NIMF Nº 15:** Norma Internacional para el tratamiento fitosanitario del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional.

## RETORNO DE ENVASES VACIOS

CP	ZONA 1	CP	ZONA 2	CP	ZONA 3
01	ALAVA	02	ALBACETE	04	ALMERIA
03	ALICANTE	33	ASTURIAS	06	BADAJOS
08	BARCELONA	05	AVILA	07	BALEARES
12	CASTELLON	09	BURGOS	10	CACERES
17	GIRONA	39	CANTABRIA	11	CADIZ
20	GUIPUZCOA	13	CIUDAD REAL	14	CORDOBA
22	HUESCA	16	CUENCA	18	GRANADA
25	LLEIDA	19	GUADALAJARA	21	HUELVA
26	LA RIOJA	24	LEON	23	JAEN
31	NAVARRA	28	MADRID	15	LA CORUÑA
42	SORIA	34	PALENCIA	27	LUGO
43	TARRAGONA	37	SALAMANCA	29	MALAGA
44	TERUEL	40	SEGOVIA	30	MURCIA
46	VALENCIA	45	TOLEDO	32	ORENSE
48	VIZCAYA	47	VALLADOLID	36	PONTEVEDRA
50	ZARAGOZA	49	ZAMORA	41	SEVILLA

## PRECIO DE TRANSPORTE DE BOBINA, PALET Y ZONA EN EUROS

TIPO ENVASE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
BOBINA 06-07-08-97-99-49-5P	3,40	4,20	5,05
BOBINA 09-10-90-50-51	5,90	6,75	8,45
BOBINA 11-12-80-81	8,45	10,95	15,20
BOBINA 13-14-16-54-82	21,95	29,55	42,20
BOBINA 18-19-20-58	41,35	57,40	75,95
BOBINA 21-22-23	88,60	106,35	145,15
BOBINA 24-25-26-27-28-29	110,20	119,25	166,75
PAL 1212 / PAL 1000 / PAL 1280	1,50	1,90	2,55
PAL 128R / PAL 6080 / PAL 8080			
CDIN500 / NS-400 / 5P	3,40	4,20	5,05
BOBIN65 - BOBIN66 / BOBIN85 - BOBIN86	3,40	4,20	5,05

\*En ningún caso se pagará más que un camión completo de IDA

## COSTE DE ALMACENAJE X EMBALAJE EN EUROS

TIPO BOBINA	SEMANA	TIPO BOBINA	SEMANA	TIPO BOBINA	SEMANA
06	3,40	14	10,00	25	22,00
07	4,20	16	12,80	26	22,85
08	4,75	18	14,05	27	24,05
09	5,40	19	16,40	49	4,75
10	6,35	20	16,00	50	6,35
11	7,10	21	19,05	Palet 1200 x 800	9,20
12	8,40	22	19,85	Palet 1200 x 1200	10,75
13	9,05	24	20,85	Palet 1800 x 1800	16,65
				Palet 1000 x 1000	9,35

#### NORMAS:

##### CONSTRUCCIÓN

IEC 60502-1

UNE 21123-4

##### REACCIÓN AL FUEGO\*

IEC 60332-1-2

IEC 60332-3-24

IEC 60754-1

IEC 60754-2

IEC 61034-2



#### CLASIFICACIÓN CPR:

EXZHELLENT® Class 1000V

Gama 1x1,5 - 1x800 / 2x1,5 - 2x240 /  
3x1,5 - 3x400 / 4x1,5 - 4x400 / 5x1,5 - 5x400 /  
3x10+1x6 / 3x16+1x10 / 3x25+1x16 / 3x35+1x16 /  
3x50+1x25 / 3x70+1x35 / 3x95+1x50 / 3x120+1x70 /  
3x150+1x70 / 3x185+1x95 / 3x240+1x120 /  
3x300+1x150 / 3x16+2x10 / 3x25+2x16 / 3x35+2x16 /  
3x50+2x25 / 3x70+2x35 / 3x95+2x50 / 4x1 mm<sup>2</sup>  
DOP 0040 Rev.003  
Clase **C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1**

EXZHELLENT® Class SECTORFLEX

Gama 2x50 - 2x400 / 3x50 - 3x400 /  
4x50 - 4x400 mm<sup>2</sup>  
DOP 0135 Rev.001  
Clase **C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1**

#### CONSTRUCCIÓN:

##### 1. CONDUCTOR

Cobre, clase 5 según IEC 60228. Sectorial para secciones de 50 mm<sup>2</sup> y superiores (solución Sectorflex®).

##### 2. AISLAMIENTO

Polietileno reticulado, tipo XLPE según IEC 60502-1  
Identificación por color.

##### 3. CUBIERTA EXTERIOR

Poliolefina termoplástica libre de halógenos, tipo ST8 según IEC 60502-1.

#### APLICACIONES:

Circuitos eléctricos en locales de pública concurrencia y otras instalaciones donde exista un alto riesgo de incendio.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C

Temperatura mínima de trabajo: -40 °C

\* Prestación fuera del ámbito CPR.



#### CERTIFICACIONES:





C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 30 °C ** (A)	Directamente enterrado 25 °C *** (A)	Caída de tensión cos φ= 0.8 (V/A.km)
1S48106	1x1,5	6,6	61	27	19	23	23,7
1S48107	1x2,5	7,0	74	29	27	30	14,2
1S48108	1x4	7,6	92	31	37	39	8,88
1S48109	1x6	8,1	115	33	48	48	5,96
1S48110	1x10	9,1	160	37	67	64	3,49
1S48111	1x16	9,9	215	40	91	83	2,25
1S48113	1x35	12,6	405	51	153	128	1,08
1S48114*	1x50	14,1	545	57	188	152	0,776
1S48115*	1x70	16,2	745	65	243	187	0,570
1S48116*	1x95	17,8	950	72	298	222	0,451
1S48117*	1x120	19,8	1.190	80	348	253	0,369
1S48118*	1x150	21,8	1.475	88	404	286	0,313
1S48119*	1x185	23,7	1.775	95	464	321	0,271
1S48120*	1x240	26,4	2.300	135	552	370	0,223
1S48121*	1x300	30,2	2.870	155	639	418	0,193
1S48122*	1x400	34,8	3.835	175	748	486	0,164
1S48123*	1x500	39,1	4.835	200	860	547	0,146
1S48124*	1x630	43,7	6.400	220	990	617	0,128
1S48206	2x1,5	9,7	140	39	23	27	27,3
1S48207	2x2,5	10,6	175	43	32	35	16,4
1S48208	2x4	11,6	220	47	44	46	10,2
1S48209	2x6	12,1	260	49	57	59	6,84
1S48210	2x10	14,0	375	57	78	77	3,99
1S48211	2x16	16,0	530	65	104	100	2,56
1S48212	2x25	18,7	725	-	135	127	1,68
1S48213	2x35	21,2	970	85	168	154	1,22
1S48214*	2x50	25,0	1.410	100	204	182	0,876
1S48215*	2x70	29,2	1.945	150	262	224	0,642
1S48216*	2x95	32,7	2.510	165	320	266	0,506
1S48217*	2x120	37,0	3.190	185	373	303	0,414
1S48218*	2x150	40,8	3.940	205	430	342	0,349
1S48219*	2x185	44,8	4.770	225	493	383	0,303
1S48220*	2x240	51,0	6.250	310	583	442	0,249
1S48306	3x1,5	10,2	160	41	20	23	23,6
1S48307	3x2,5	11,1	200	45	29	30	14,2
1S48308	3x4	12,2	260	49	38	39	8,84
1S48309	3x6	12,8	310	52	49	48	5,92

\* Conductor sectorial flexible Sectorflex®.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 30 °C ** (A)	Directamente enterrado 25 °C *** (A)	Caída de tensión cos φ= 0,8 (V/A.km)
1S48310	3x10	14,9	460	60	68	64	3,46
1S48311	3x16	17,0	660	69	91	83	2,22
1S48312	3x25	20,0	925	80	115	106	1,46
1S48313	3x35	22,6	1.250	91	143	128	1,06
1S48314*	3x50	26,7	1.810	135	174	152	0,759
1S48315*	3x70	31,4	2.520	160	223	187	0,556
1S48316*	3x95	35,0	3.250	175	271	222	0,438
1S48317*	3x120	39,6	4.135	200	314	253	0,358
1S48318*	3x150	43,9	5.140	220	363	286	0,302
1S48319*	3x185	48,2	6.230	245	414	321	0,262
1S48320*	3x240	54,9	8.175	330	489	370	0,215
1S48321*	3x300	63,1	10.325	380	565	418	0,186
1S48322*	3x400	73,2	13.875	440	671	486	0,158
1S48010	3x10 + 6	16,2	540	65	68	64	3,47
1S48011	3x16 + 10	18,6	785	75	91	83	2,23
1S48012	3x25 + 16	22,2	1.135	89	115	106	1,47
1S48013	3x35 + 16	24,7	1.470	99	143	128	1,06
1S48014*	3x50 + 25	29,2	2.135	150	174	152	0,767
1S48015*	3x70 + 35	34,4	2.980	175	223	187	0,564
1S48016*	3x95 + 50	38,5	3.880	195	271	222	0,446
1S48017*	3x120 + 70	43,8	4.995	220	314	253	0,366
1S48018*	3x150 + 70	48,3	6.080	245	363	286	0,310
1S48019*	3x185 + 95	53,0	7.415	320	414	321	0,270
1S48020*	3x240 + 120	60,4	9.700	365	489	370	0,223
1S48021*	3x300 + 150	69,4	12.290	420	565	418	0,194
1S48406	4x1,5	11,1	185	45	20	23	23,6
1S48407	4x2,5	12,1	235	49	29	30	14,2
1S48408	4x4	13,4	310	54	38	39	8,85
1S48409	4x6	14,1	380	57	49	48	5,93
1S48410	4x10	16,4	575	66	68	64	3,47
1S48411	4x16	18,8	825	76	91	83	2,23
1S48412	4x25	22,3	1.185	90	115	106	1,47
1S48413	4x35	25,0	1.580	130	143	128	1,06
1S48414*	4x50	29,7	2.300	150	174	152	0,767
1S48415*	4x70	35,0	3.210	175	223	187	0,564
1S48416*	4x95	38,9	4.140	195	271	222	0,446

\* Conductor sectorial flexible Sectorflex®.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.



C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 30 °C ** (A)	Directamente enterrado 25 °C *** (A)	Caída de tensión cos φ= 0,8 (V/A.km)
1S48417*	4x120	44,3	5.290	225	314	253	0,366
1S48418*	4x150	48,8	6.550	245	363	286	0,310
1S48419*	4x185	53,8	7.970	325	414	321	0,270
1S48420*	4x240	61,3	10.460	370	489	370	0,223
1S48421*	4x300	70,4	13.180	425	565	418	0,194
1S48422*	4x400	81,6	17.700	490	671	486	0,166
1S48613	3x35 + 2x16	26,7	1.690	135	143	128	1,067
1S48614*	3x50 + 2x25	31,8	2.485	160	174	152	0,770
1S48615*	3x70 + 2x35	37,4	3.460	190	223	187	0,567
1S48616*	3x95 + 2x50	41,8	4.505	210	271	222	0,449
1S48617*	3x120+70	48,1	5.895	245	314	253	0,369
1S48618*	3x150+70	52,7	7.040	320	363	286	0,313
1S48619*	3x185+95	58,1	8.665	350	414	321	0,273
1S48620*	3x240+120	66,0	11.290	400	489	370	0,226
1S48621*	3x300+150	75,4	14.270	455	565	418	0,197
1S48506	5x1,5	12,4	230	50	20	23	23,6
1S48507	5x2,5	13,1	280	53	29	30	14,2
1S48508	5x4	14,6	375	59	38	39	8,85
1S48509	5x6	15,4	465	62	49	48	5,93
1S48510	5x10	18,0	700	73	68	64	3,47
1S48511	5x16	20,8	1.015	83	91	83	2,23
1S48512	5x25	24,7	1.455	99	115	106	1,47
1S48513	5x35	27,7	1.960	140	143	128	1,07
1S48514*	5x50	33,1	2.860	170	174	152	0,770
1S48515*	5x70	39,0	4.000	200	223	187	0,567
1S48516*	5x95	43,4	5.155	220	271	222	0,449
1S48517*	5x120	49,4	6.575	250	314	253	0,369
1S48518*	5x150	54,7	8.195	330	363	286	0,313
1S48519*	5x185	60,3	9.970	365	414	321	0,273
1S48520*	5x240	68,6	13.085	415	489	370	0,226
1S48521*	5x300	78,8	16.485	475	565	418	0,197

\* Conductor sectorial flexible Sectorflex®.

\*\* Intensidades admisibles según IEC 60364-5-52, tabla B.52.3, método de instalación E para dos conductores cargados, tabla B.52.5, método de instalación E para tres conductores cargados y tabla B.52.12., método de instalación F para cables unipolares.

\*\*\* Intensidades admisibles según IEC 60364-5-52, tabla B.52.3, método de instalación D2 para dos conductores cargados y tabla B.52.5., método de instalación D2 para tres conductores cargados.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

**class**  
**exZhellent** **1.000 V**

**CPR**  
**C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1**



## DESCRIPCIÓN

Denominación Técnica: **RZ1-K (AS)**  
Clase CPR: **C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1**  
Norma constructiva y de ensayos: **UNE 21123-4**  
Conductor: **Cu Clase 5**  
Aislamiento: **Polietileno reticulado (XLPE)**  
Cubierta: **Poliolefina**  
Color de cubierta: **Verde**  
Temperatura máxima del conductor: **90° C**



**No propagador del incendio y baja emisión de calor** **UNE-EN 50399 (C<sub>ca</sub>)**

**No propagador de la llama** **UNE-EN 60332-1-2 (C<sub>ca</sub>)**

**Baja emisión de humos opacos** **UNE-EN 50399 y UNE-EN 61034-2 (s1b)**

**Caída de gotas/partículas inflamadas** **UNE-EN 50399 (d1)**

**Acidez** **UNE-EN 60754-2 (a1)**

**Aplicación:** **Línea general de alimentación**, locales de pública concurrencia.

**Exigido en ITC-BT 14**

<http://goo.gl/7DEkPf>

**ITC-BT 28**

<http://goo.gl/4qTEcd>



UNE-EN 50575



0,6/1 kV



FÁCIL PELADO



ALTA FLEXIBILIDAD



SECTOR FLEX



SERVICIO DE CORTE

Colores de Fases

	AV	Az	R	G	M	Ng
2x						
3x						
3G						
4x						
4G						
5G						

### + INFORMACIÓN

Ficha Técnica

<http://goo.gl/F1G6up>

Catálogo

<http://goo.gl/DuSqEb>

Vídeo Cables ExZhellent

<http://goo.gl/dpu2dD>

Vídeo CPR

<http://goo.gl/tEy9wF>

Portal CPR

<http://goo.gl/8hD8Dz>



ALTA SEGURIDAD



FLEXIBLE



## BOBINAS

## TARIFA GC-18

Código	Sección mm²	GC1 €/Km	GC2 €/Km	GC3 €/Km	Suministro Standard					
					Embalaje	m	Embalaje	m	Embalaje	m
1S48107VDP	1x2,5	848	859	870	T-08	2.800				
1S48108VDP	1x4	1123	1141	1158	T-08	2.500				
1S48109VDP	1x6	1494	1520	1547	T-10	4.000				
1S48110VDP	1x10	2116	2162	2207	T-10	3.000	T-07	1.000	T-06	500
1S48111VDP	1x16	3109	3181	3253	T-10	2.500	T-07	1.000	T-06	500
1S48112VDP	1x25	4751	4863	4974	T-10	2.000	T-08	1.000	T-07	500
1S48113VDP	1x35	6309	6466	6623	T-10	1.500	T-09	1.000	T-07	500
1S48114VDP	1x50	8834	9060	9285	T-12	2.000	T-09	1.000	T-07	500
1S48115VDP	1x70	12458	12778	13098	T-12	1.500	T-10	1.000	T-08	500
1S48116VDP	1x95	16187	16610	17033	T-11	1.000	T-10	500		
1S48117VDP	1x120	20561	21102	21643	T-12	1.000	T-10	500		
1S48118VDP	1x150	25540	26215	26889	T-14	1.000	T-10	500		
1S48119VDP	1x185	30790	31611	32433	T-16	1.000	T-12	500		
1S48120VDP	1x240	40043	41134	42225	T-16	800	T-12	500		
1S48121VDP	1x300	50388	51753	53118	T-18	1.000				
1S48122VDP	1x400	67790	69632	71474	T-21	1.000				
1S48206VDP	2x1,5	1072	1086	1099	T-12	5.500	T-09	2.000	T-07	1.000
1S48207VDP	2x2,5	1466	1488	1510	T-10	2.500	T-08	1.000		
1S48208VDP	2x4	2166	2201	2236	T-13	4.000				
1S48209VDP	2x6	2881	2934	2987	T-13	3.500				
1S48210VDP	2x10	4569	4661	4753	T-14	3.500				
1S48211VDP	2x16	6989	7134	7279	T-14	2.500				
1S48306VDP	3G1,5	1348	1368	1389	T-12	4.500	T-11	3.000	T-09	2.000
1S48307VDP	3G2,5	1886	1919	1952	T-12	4.000	T-10	2.000	T-08	1.000
1S48308VDP	3G4	2846	2899	2952	T-12	3.000	T-10	1.500	T-08	1.000
1S48309VDP	3G6	3899	3979	4059	T-12	2.500	T-09	1.000	T-07	500
1S48309VDPX	3x6	3899	3979	4059	T-12	2.500				
1S48310VDP	3G10	6239	6377	6514	T-13	2.000	T-10	1.000	T-07	500
1S48310VDPX	3x10	6239	6377	6514	T-13	2.000				
1S48311VDP	3G16	9602	9819	10037	T-12	1.500				
1S48311VDPX	3x16	9602	9819	10037						
1S48312VDP	3x25	15038	15375	15711	T-12	1.000				
1S48313VDP	3x35	20758	21231	21705	T-14	1.000				
1S48406VDP	4G1,5	1709	1736	1763	T-12	4.000	T-10	2.000	T-08	1.000
1S48407VDP	4G2,5	2445	2489	2533	T-12	3.000	T-09	1.000	T-07	500
1S48408VDP	4G4	3648	3718	3789	T-10	1.500	T-09	1.000	T-07	500
1S48409VDP	4G6	5048	5154	5261	T-12	2.000	T-09	1.000		
1S48409VDPX	4x6	5048	5154	5261	T-12	2.000				
1S48410VDP	4G10	8188	8372	8555	T-12	1.500	T-09	500		
1S48410VDPX	4x10	8188	8372	8555	T-12	1.500				
1S48411VDP	4G16	12407	12697	12986	T-12	1.000	T-09	500		
1S48411VDPX	4x16	12407	12697	12986	T-12	1.000				
1S48412VDP	4x25	19341	19790	20238	T-12	800	T-10	400		
1S48413VDP	4x35	27289	27920	28552	T-18	1.500				

**CARGOS Y ABONOS PARA BOBINAS Y PALETS DE MADERA**
**TARIFA GC-18**

TIPOS DE BOBINAS Y DIMENSIONES		CARGO EN EUROS X BOBINA O PALET EXPEDIDA		
TIPO UNE	DIMENSIONES mm	Bobina / Palet	Duelas	Total
06*	630 x 315 x 370	65,30	6,52	71,82 [A]
5P	500 x 200 x 300	59,12		59,12
6P	600 x 300 x 500	65,30	6,52	71,82
07	700 x 350 x 520	70,98	7,10	78,08
7P	750 x 400 x 588	70,98	7,10	78,08 [A]
08*	800 x 400 x 520	76,42	7,65	84,07
8P	800 x 400 x 608	76,42	7,65	84,07
09	900 x 350 x 520	101,52	10,15	111,67 [A]
10*	1000 x 500 x 610	140,60	14,13	154,73 [A]
10P	1000 x 400 x 662	140,60	14,13	154,73
11	1100 x 400 x 610	142,77	14,28	157,05
12*	1250 x 630 x 710	214,35	21,41	235,76
13	1300 x 500 x 680	232,70	23,26	255,96
14*	1400 x 710 x 810	281,52	28,15	309,67
16*	1600 x 900 x 980	383,62	38,26	420,88
18*	1800 x 1120 x 960	545,38	54,51	599,89
20*	2000 x 1150 x 960	698,86	69,89	768,75
21*	2200 x 1400 x 1120	889,08	88,91	977,99
22*	2240 x 1400 x 1190	889,08	88,91	977,99
23	2300 x 1400 x 1000	889,08	88,91	977,99
25*	2500 x 1500 x 1190	1.300,00	130,00	1.430,00
26*	2600 x 1600 x 1120	1.690,71	169,13	1.859,84
27*	2700 x 1800 x 1170	1.690,71	169,13	1.859,84
49	800 x 500 x 610	119,88	11,99	131,87
50	1000 x 600 x 590	149,04	14,90	163,94
80*	1200 x 700 x 570	240,40	24,09	264,49
81*	1200 x 800 x 570	240,40	24,09	264,49
82*	1400 x 800 x 650	307,61	30,78	338,39
Bobina plástico P-500	500 x 315 x 180	36,23	-	36,23
Bobina plástico P-85	500 x 160 x 355	20,13	-	20,13
Europark	400 x ---- x 400	56,34	-	56,34
PAL 1280 / PAL 128R	"Euro" 1200 x 800	9,91	-	9,91
PAL 8080	"Euro R" 800 x 800	8,51	-	8,51
PAL 8060	"1/2 Euro" 800 x 600	6,21	-	6,21
PAL 6080	"1/2 Euro" 600 x 800	6,21	-	6,21
PAL 1212	1200 x 1200	14,41	-	14,41
PAL 1000	1000 x 1000	12,81	-	12,81

\*Dimensiones s/UNE

[A] Estas bobinas pueden sumintarse sin duelas a petición y responsabilidad del cliente.

**DIMENSIONES BOBINAS** = Diámetro Plato x Diámetro Tambor x Ancho útil.

**DIMENSIONES PALET** = Largo x ancho.

**CONDICIONES GENERALES:** Las duelas se cargarán en factura como embalaje sin abono por retorno. A la devolución de las bobinas y palets, susceptibles de reutilización y a portes pagados, dentro de los dos años siguientes a su expedición, se abonará el 70% del valor facturado. **No se efectuará ningún abono por bobinas y palets que permanezcan más de DOS años fuera de nuestra Empresa.**

Envío Franco Fabrica **Los Pedidos Inferiores a 600€, tienen un**

**sobrecoste de 30 €. I.V.A. No Incluido.**

**Real Decreto 782/1.998:** Artículo 18.1 del Reglamento: "El responsable de la entrega del residuo de envase o envase usado, para su correcta gestión ambiental será el poseedor final".

**Ley 11/1.997 Art. 14.2:** "Queda prohibida la comercialización de envases etiquetados o marcados con la leyenda de NO RETORNABLES u otra de contenido similar"

**NIMF Nº 15:** Norma Internacional para el tratamiento fitosanitario del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional.

## RETORNO DE ENVASES VACIOS

CP	ZONA 1	CP	ZONA 2	CP	ZONA 3
01	ALAVA	02	ALBACETE	04	ALMERIA
03	ALICANTE	33	ASTURIAS	06	BADAJOS
08	BARCELONA	05	AVILA	07	BALEARES
12	CASTELLON	09	BURGOS	10	CACERES
17	GIRONA	39	CANTABRIA	11	CADIZ
20	GUIPUZCOA	13	CIUDAD REAL	14	CORDOBA
22	HUESCA	16	CUENCA	18	GRANADA
25	LLEIDA	19	GUADALAJARA	21	HUELVA
26	LA RIOJA	24	LEON	23	JAEN
31	NAVARRA	28	MADRID	15	LA CORUÑA
42	SORIA	34	PALENCIA	27	LUGO
43	TARRAGONA	37	SALAMANCA	29	MALAGA
44	TERUEL	40	SEGOVIA	30	MURCIA
46	VALENCIA	45	TOLEDO	32	ORENSE
48	VIZCAYA	47	VALLADOLID	36	PONTEVEDRA
50	ZARAGOZA	49	ZAMORA	41	SEVILLA

## PRECIO DE TRANSPORTE DE BOBINA, PALET Y ZONA EN EUROS

TIPO ENVASE	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
BOBINA 06-07-08-97-99-49-5P	3,40	4,20	5,05
BOBINA 09-10-90-50-51	5,90	6,75	8,45
BOBINA 11-12-80-81	8,45	10,95	15,20
BOBINA 13-14-16-54-82	21,95	29,55	42,20
BOBINA 18-19-20-58	41,35	57,40	75,95
BOBINA 21-22-23	88,60	106,35	145,15
BOBINA 24-25-26-27-28-29	110,20	119,25	166,75
PAL 1212 / PAL 1000 / PAL 1280	1,50	1,90	2,55
PAL 128R / PAL 6080 / PAL 8080			
CDIN500 / NS-400 / 5P	3,40	4,20	5,05
BOBIN65 - BOBIN66 / BOBIN85 - BOBIN86	3,40	4,20	5,05

\*En ningún caso se pagará más que un camión completo de IDA

## COSTE DE ALMACENAJE X EMBALAJE EN EUROS

TIPO BOBINA	SEMANA	TIPO BOBINA	SEMANA	TIPO BOBINA	SEMANA
06	3,40	14	10,00	25	22,00
07	4,20	16	12,80	26	22,85
08	4,75	18	14,05	27	24,05
09	5,40	19	16,40	49	4,75
10	6,35	20	16,00	50	6,35
11	7,10	21	19,05	Palet 1200 x 800	9,20
12	8,40	22	19,85	Palet 1200 x 1200	10,75
13	9,05	24	20,85	Palet 1800 x 1800	16,65
				Palet 1000 x 1000	9,35

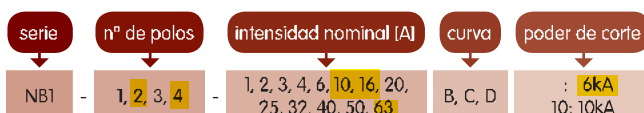


## serie NB1 - Interruptores automáticos magnetotérmicos gama Industrial



Interruptores automáticos concebidos para la industria

- Polos: de 1 a 4P
- Curvas: B, C y D
- Intensidad nominal: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 y 63A
- Equipo accesoriable
- Norma UNE-EN60898-1



· Norma UL1077

· Poder de corte: 6kA (6.000A), de 1 a 63A, según UNE-EN60898-1  
10kA (10.000A), de 1 a 63A, según UNE-EN60947-2

Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP
NB1 Curva C 6 kA					F3A				
NB1-1-1C	1P	1	12/180	31,22 €	NB1-3-1C	3P	1	4/60	116,60 €
NB1-1-2C	1P	2	12/180	31,22 €	NB1-3-2C	3P	2	4/60	116,60 €
NB1-1-3C	1P	3	12/180	31,22 €	NB1-3-3C	3P	3	4/60	116,60 €
NB1-1-4C	1P	4	12/180	31,22 €	NB1-3-4C	3P	4	4/60	116,60 €
NB1-1-6C	1P	6	12/180	24,00 €	NB1-3-6C	3P	6	4/60	75,50 €
NB1-1-10C	1P	10	12/180	24,00 €	NB1-3-10C	3P	10	4/60	75,50 €
NB1-1-16C	1P	16	12/180	24,00 €	NB1-3-16C	3P	16	4/60	75,50 €
NB1-1-20C	1P	20	12/180	24,00 €	NB1-3-20C	3P	20	4/60	75,50 €
NB1-1-25C	1P	25	12/180	24,00 €	NB1-3-25C	3P	25	4/60	75,50 €
NB1-1-32C	1P	32	12/180	24,00 €	NB1-3-32C	3P	32	4/60	75,50 €
NB1-1-40C	1P	40	12/180	29,62 €	NB1-3-40C	3P	40	4/60	101,84 €
NB1-1-50C	1P	50	12/180	54,58 €	NB1-3-50C	3P	50	4/60	164,85 €
NB1-1-63C	1P	63	12/180	59,88 €	NB1-3-63C	3P	63	4/60	186,24 €
NB1-2-1C	2P	1	6/90	58,57 €	NB1-4-1C	4P	1	3/45	138,04 €
NB1-2-2C	2P	2	6/90	58,57 €	NB1-4-2C	4P	2	3/45	138,04 €
NB1-2-3C	2P	3	6/90	58,57 €	NB1-4-3C	4P	3	3/45	138,04 €
NB1-2-4C	2P	4	6/90	58,57 €	NB1-4-4C	4P	4	3/45	138,04 €
NB1-2-6C	2P	6	6/90	46,72 €	NB1-4-6C	4P	6	3/45	100,61 €
NB1-2-10C	2P	10	6/90	46,72 €	NB1-4-10C	4P	10	3/45	100,61 €
NB1-2-16C	2P	16	6/90	46,72 €	NB1-4-16C	4P	16	3/45	100,61 €
NB1-2-20C	2P	20	6/90	46,72 €	NB1-4-20C	4P	20	3/45	100,61 €
NB1-2-25C	2P	25	6/90	46,72 €	NB1-4-25C	4P	25	3/45	100,61 €
NB1-2-32C	2P	32	6/90	50,22 €	NB1-4-32C	4P	32	3/45	100,61 €
NB1-2-40C	2P	40	6/90	65,79 €	NB1-4-40C	4P	40	3/45	136,76 €
NB1-2-50C	2P	50	6/90	88,24 €	NB1-4-50C	4P	50	3/45	212,16 €
NB1-2-63C	2P	63	6/90	104,60 €	NB1-4-63C	4P	63	3/45	234,14 €

· Poder de corte: 10kA (10.000A), según UNE-EN60898-1  
15kA (15.000A), de 1 a 32A, según UNE-EN60947-2

Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP
<b>NB1 Curva D 10 kA</b>					<b>F51</b>				
NB1-1-1D10	1P	1	12/180	40,89 €	NB1-3-1D10	3P	1	4/60	131,19 €
NB1-1-2D10	1P	2	12/180	40,89 €	NB1-3-2D10	3P	2	4/60	131,19 €
NB1-1-3D10	1P	3	12/180	40,89 €	NB1-3-3D10	3P	3	4/60	131,19 €
NB1-1-4D10	1P	4	12/180	40,89 €	NB1-3-4D10	3P	4	4/60	131,19 €
NB1-1-6D10	1P	6	12/180	30,07 €	NB1-3-6D10	3P	6	4/60	88,08 €
NB1-1-10D10	1P	10	12/180	30,07 €	NB1-3-10D10	3P	10	4/60	88,08 €
NB1-1-16D10	1P	16	12/180	30,07 €	NB1-3-16D10	3P	16	4/60	88,08 €
NB1-1-20D10	1P	20	12/180	30,07 €	NB1-3-20D10	3P	20	4/60	88,08 €
NB1-1-25D10	1P	25	12/180	30,07 €	NB1-3-25D10	3P	25	4/60	88,08 €
NB1-1-32D10	1P	32	12/180	30,07 €	NB1-3-32D10	3P	32	4/60	88,08 €
NB1-1-40D10	1P	40	12/180	38,21 €	NB1-3-40D10	3P	40	4/60	121,94 €
NB1-1-50D10	1P	50	12/180	55,88 €	NB1-3-50D10	3P	50	4/60	174,64 €
NB1-1-63D10	1P	63	12/180	74,29 €	NB1-3-63D10	3P	63	4/60	222,19 €
NB1-2-1D10	2P	1	6/90	84,52 €	NB1-4-1D10	4P	1	3/45	181,52 €
NB1-2-2D10	2P	2	6/90	84,52 €	NB1-4-2D10	4P	2	3/45	181,52 €
NB1-2-3D10	2P	3	6/90	84,52 €	NB1-4-3D10	4P	3	3/45	181,52 €
NB1-2-4D10	2P	4	6/90	84,52 €	NB1-4-4D10	4P	4	3/45	181,52 €
NB1-2-6D10	2P	6	6/90	59,40 €	NB1-4-6D10	4P	6	3/45	117,04 €
NB1-2-10D10	2P	10	6/90	59,40 €	NB1-4-10D10	4P	10	3/45	117,04 €
NB1-2-16D10	2P	16	6/90	59,40 €	NB1-4-16D10	4P	16	3/45	117,04 €
NB1-2-20D10	2P	20	6/90	59,40 €	NB1-4-20D10	4P	20	3/45	117,04 €
NB1-2-25D10	2P	25	6/90	59,40 €	NB1-4-25D10	4P	25	3/45	117,04 €
NB1-2-32D10	2P	32	6/90	59,40 €	NB1-4-32D10	4P	32	3/45	117,04 €
NB1-2-40D10	2P	40	6/90	72,68 €	NB1-4-40D10	4P	40	3/45	156,13 €
NB1-2-50D10	2P	50	6/90	120,55 €	NB1-4-50D10	4P	50	3/45	223,90 €
NB1-2-63D10	2P	63	6/90	133,37 €	NB1-4-63D10	4P	63	3/45	291,44 €



### serie DZ158 - Interruptores automáticos magnetotérmicos hasta 125A gama Industrial

- Interruptores automáticos de 1 a 4 polos (27 mm por módulo)
- Curva 8~12xIn
- Intensidad nominal: 63, 80, 100 y 125A

- Poder de corte: 10kA (10.000A)
- Equipo accesoriable
- Norma UNE-EN60947-2



serie	nº de polos	intensidad nominal [A]
DZ158	1, 2, 3, 4	63, 80, 100, 125

Código	Polos	Mód.	Int. (A)	Emb.	PVP	Código	Polos	Mód.	Int. (A)	Emb.	PVP
<b>DZ158 Curva 8~12xIn 10 kA</b>						<b>F51</b>					
DZ158-1-63	1P	1,5	63	12/108	60,39 €	DZ158-3-63	3P	4,5	63	4/36	149,92 €
DZ158-1-80	1P	1,5	80	12/108	72,80 €	DZ158-3-80	3P	4,5	80	4/36	163,79 €
DZ158-1-100	1P	1,5	100	12/108	82,36 €	DZ158-3-100	3P	4,5	100	4/36	196,89 €
DZ158-1-125	1P	1,5	125	12/108	96,06 €	DZ158-3-125	3P	4,5	125	4/36	241,84 €
DZ158-2-63	2P	3	63	6/54	110,21 €	DZ158-4-63	4P	6	63	3/27	187,15 €
DZ158-2-80	2P	3	80	6/54	137,42 €	DZ158-4-80	4P	6	80	3/27	243,86 €
DZ158-2-100	2P	3	100	6/54	145,60 €	DZ158-4-100	4P	6	100	3/27	261,42 €
DZ158-2-125	2P	3	125	6/54	180,71 €	DZ158-4-125	4P	6	125	3/27	341,94 €



para más información técnica sobre **Interruptores automáticos magnetotérmicos**,  
descargue el **Catálogo Técnico**  
o visite nuestra web [www.chintelectrics.es/catalogos-tecnicos](http://www.chintelectrics.es/catalogos-tecnicos)

# Interrupidores diferenciales

CHNT



## serie NL1 - Interruptores diferenciales puros gama Doméstica, Terciaria e Industrial



- Polos: 2 y 4P
- Intensidad nominal: 25, 40 y 63A
- Poder de corte: 6kA (6.000A), 10kA (10.000A)

- Sensibilidades: 10, 30, 300 y 500mA (100mA: bajo demanda)
- Norma: UNE-EN61008-1

1/

Clase AC para corrientes diferenciales alternas Clase A para corrientes diferenciales alternas con componentes de continua pulsantes Clase Si Clase A con circuito de acumulación de energía para evitar disparos intempestivos y filtro de armónicos

Clase B (incorporan tres tecnologías de detección de fugas):

Detector electromagnético Clase A Detector electrónico para corrientes de defecto alisadas continuas Filtros de altas frecuencias

serie polos intensidad nominal [A] sensibilidad [mA] clase poder de corte accesoriable

NL1 - 2, 4 - 25, 40, 63, 80, 100 - 10, 30, 100, 300, 500 - AC, ACS, A, AS, ASi, B - 6kA 10: 10kA - AX

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase AC 6 kA					F3A
NL1-2-25-10AC	2P	25	10	1/90	233,87 €
NL1-2-25-30AC	2P	25	30	1/90	62,25 €
NL1-2-40-30AC	2P	40	30	1/90	63,63 €
NL1-2-63-30AC	2P	63	30	1/90	374,43 €
NL1-2-25-300AC	2P	25	300	1/90	147,61 €
NL1-2-40-300AC	2P	40	300	1/90	149,04 €
NL1-2-63-300AC	2P	63	300	1/90	271,67 €
NL1-2-63-500AC	2P	63	500	1/90	310,35 €
NL1-4-25-30AC	4P	25	30	1/45	278,81 €
NL1-4-40-30AC	4P	40	30	1/45	288,70 €
NL1-4-63-30AC	4P	63	30	1/45	343,12 €
NL1-4-25-300AC	4P	25	300	1/45	241,32 €
NL1-4-25-500AC	4P	25	500	1/45	255,60 €
NL1-4-40-300AC	4P	40	300	1/45	247,97 €
NL1-4-63-300AC	4P	63	300	1/45	322,46 €
NL1-4-63-500AC	4P	63	500	1/45	348,75 €

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase A 6 kA					F3A
NL1-2-25-30A	2P	25	30	1/90	218,42 €
NL1-2-40-30A	2P	40	30	1/90	223,00 €
NL1-2-63-30A	2P	63	30	1/90	409,74 €
NL1-2-25-300A	2P	25	300	1/90	215,49 €
NL1-2-40-300A	2P	40	300	1/90	220,56 €
NL1-2-63-300A	2P	63	300	1/90	358,14 €
NL1-4-25-30A	4P	25	30	1/45	349,04 €
NL1-4-40-30A	4P	40	30	1/45	381,41 €
NL1-4-63-30A	4P	63	30	1/45	452,23 €
NL1-4-25-300A	4P	25	300	1/45	309,58 €
NL1-4-40-300A	4P	40	300	1/45	321,72 €
NL1-4-63-300A	4P	63	300	1/45	396,91 €

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase AC 10 kA					F3A
NL1-2-25-30AC10	2P	25	30	1/90	145,68 €
NL1-2-40-30AC10	2P	40	30	1/90	159,85 €
NL1-2-63-30AC10	2P	63	30	1/90	407,71 €
NL1-2-25-300AC10	2P	25	300	1/90	155,80 €
NL1-2-40-300AC10	2P	40	300	1/90	155,80 €
NL1-2-63-300AC10	2P	63	300	1/90	287,32 €
NL1-4-25-30AC10	4P	25	30	1/45	292,38 €
NL1-4-40-30AC10	4P	40	30	1/45	298,45 €
NL1-4-63-30AC10	4P	63	30	1/45	632,31 €
NL1-4-25-300AC10	4P	25	300	1/45	244,83 €
NL1-4-40-300AC10	4P	40	300	1/45	255,96 €
NL1-4-63-300AC10	4P	63	300	1/45	348,03 €

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase AC 6 kA Accesoriables					F3A
NL1-2-25-10AC/AX	2P	25	10	1/90	242,36 €
NL1-2-25-30AC/AX	2P	25	30	1/90	66,29 €
NL1-2-40-30AC/AX	2P	40	30	1/90	67,73 €
NL1-2-63-30AC/AX	2P	63	30	1/90	398,71 €
NL1-2-25-300AC/AX	2P	25	300	1/90	157,16 €
NL1-2-40-300AC/AX	2P	40	300	1/90	158,71 €
NL1-2-63-300AC/AX	2P	63	300	1/90	289,28 €
NL1-4-25-30AC/AX	4P	25	30	1/45	296,91 €
NL1-4-40-30AC/AX	4P	40	30	1/45	307,42 €
NL1-4-63-30AC/AX	4P	63	30	1/45	365,36 €
NL1-4-25-300AC/AX	4P	25	300	1/45	256,96 €
NL1-4-40-300AC/AX	4P	40	300	1/45	264,07 €
NL1-4-63-300AC/AX	4P	63	300	1/45	343,40 €

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase A 6 kA Accesoriables					F3A
NL1-2-25-30A/AX	2P	25	30	1/90	232,58 €
NL1-2-40-30A/AX	2P	40	30	1/90	237,47 €
NL1-2-63-30A/AX	2P	63	30	1/90	436,34 €
NL1-2-25-300A/AX	2P	25	300	1/90	229,48 €
NL1-2-40-300A/AX	2P	40	300	1/90	234,85 €
NL1-2-63-300A/AX	2P	63	300	1/90	381,34 €
NL1-4-25-30A/AX	4P	25	30	1/45	371,65 €
NL1-4-40-30A/AX	4P	40	30	1/45	406,19 €
NL1-4-63-30A/AX	4P	63	30	1/45	481,55 €
NL1-4-25-300A/AX	4P	25	300	1/45	329,64 €
NL1-4-40-300A/AX	4P	40	300	1/45	342,58 €
NL1-4-63-300A/AX	4P	63	300	1/45	422,68 €

Código	Polos	Int. (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	Emb.	PVP
NL1 Clase AC 10 kA Accesoriables					F3A
NL1-2-25-30AC10/AX	2P	25	30	1/90	155,15 €
NL1-2-40-30AC10/AX	2P	40	30	1/90	170,21 €
NL1-2-63-30AC10/AX	2P	63	30	1/90	434,18 €
NL1-2-25-300AC10/AX	2P	25	300	1/90	165,88 €
NL1-2-40-300AC10/AX	2P	40	300	1/90	165,88 €
NL1-2-63-300AC10/AX	2P	63	300	1/90	305,98 €
NL1-4-25-30AC10/AX	4P	25	30	1/45	311,34 €
NL1-4-40-30AC10/AX	4P	40	30	1/45	317,84 €
NL1-4-63-30AC10/AX	4P	63	30	1/45	673,30 €
NL1-4-25-300AC10/AX	4P	25	300	1/45	260,72 €
NL1-4-40-300AC10/AX	4P	40	300	1/45	272,58 €
NL1-4-63-300AC10/AX	4P	63	300	1/45	370,62 €



## Interrupidores automáticos diferenciales combinados

CHNT



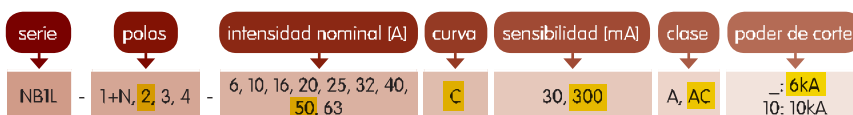
### serie NB1L - Interruptores combinados con bloque diferencial gama Doméstica, Terciaria e Industrial



23

- Polos: 1P+N, 2, 3 y 4P
- Poder de corte: 6kA (6.000A), 10kA (10.000A)
- Intensidad nominal: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 y 63A (6kA)  
6, 10, 16, 20, 25, 32 y 40A (10kA)
- Sensibilidades: 30, 300mA
- Clases A, AC, Curva C
- Equipo accesoriable
- Embalaje independiente
- Norma: UNE-EN61008-1

- 2,5 módulos 45 mm (1P+N, 6-40A)
- 3 módulos 54 mm (1P+N, 50-63A)
- 3,5 módulos 63 mm (2P, 6-40A)
- 4 módulos 72 mm (2P, 50-63A)
- 6 módulos 108 mm (3P, 6-40A)
- 6,5 módulos 117 mm (3P, 50-63A)
- 7 módulos 126 mm (4P, 6-40A)
- 7,5 módulos 135 mm (4P, 50-63A)



Código	Polos	Int. (A)	IΔn (mA)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	IΔn (mA)	Emb.	PVP
NB1L (aut + bloque) Clase A Curva C 6 kA						F5I					
NB1L-1N-32C30A	1P+N	32	30	1/60	162,45 €	NB1L-3-20C30A	3P	20	30	1/24	168,58 €
NB1L-1N-40C30A	1P+N	40	30	1/60	168,07 €	NB1L-3-25C30A	3P	25	30	1/24	169,87 €
NB1L-1N-6C300A	1P+N	6	300	1/60	126,58 €	NB1L-3-32C30A	3P	32	30	1/24	190,73 €
NB1L-1N-10C300A	1P+N	10	300	1/60	124,56 €	NB1L-3-40C30A	3P	40	30	1/24	199,88 €
NB1L-1N-16C300A	1P+N	16	300	1/60	125,01 €	NB1L-3-6C300A	3P	6	300	1/24	163,41 €
NB1L-1N-20C300A	1P+N	20	300	1/60	125,69 €	NB1L-3-10C300A	3P	10	300	1/24	160,65 €
NB1L-1N-25C300A	1P+N	25	300	1/60	131,19 €	NB1L-3-16C300A	3P	16	300	1/24	161,83 €
NB1L-1N-32C300A	1P+N	32	300	1/60	160,76 €	NB1L-3-20C300A	3P	20	300	1/24	166,56 €
NB1L-1N-40C300A	1P+N	40	300	1/60	166,38 €	NB1L-3-25C300A	3P	25	300	1/24	168,69 €
NB1L-2-6C30A	2P	6	30	1/48	141,15 €	NB1L-3-32C300A	3P	32	300	1/24	188,48 €
NB1L-2-10C30A	2P	10	30	1/48	137,10 €	NB1L-3-40C300A	3P	40	300	1/24	196,51 €
NB1L-2-16C30A	2P	16	30	1/48	139,80 €	NB1L-4-6C30A	4P	6	30	1/24	198,15 €
NB1L-2-20C30A	2P	20	30	1/48	145,20 €	NB1L-4-10C30A	4P	10	30	1/24	192,01 €
NB1L-2-25C30A	2P	25	30	1/48	149,02 €	NB1L-4-16C30A	4P	16	30	1/24	192,64 €
NB1L-2-32C30A	2P	32	30	1/48	173,19 €	NB1L-4-20C30A	4P	20	30	1/24	196,46 €
NB1L-2-40C30A	2P	40	30	1/48	178,92 €	NB1L-4-25C30A	4P	25	30	1/24	200,73 €
NB1L-2-6C300A	2P	6	300	1/48	134,97 €	NB1L-4-32C30A	4P	32	30	1/24	230,46 €
NB1L-2-10C300A	2P	10	300	1/48	134,29 €	NB1L-4-40C30A	4P	40	30	1/24	241,43 €
NB1L-2-16C300A	2P	16	300	1/48	134,40 €	NB1L-4-6C300A	4P	6	300	1/24	191,29 €
NB1L-2-20C300A	2P	20	300	1/48	136,65 €	NB1L-4-10C300A	4P	10	300	1/24	186,23 €
NB1L-2-25C300A	2P	25	300	1/48	141,65 €	NB1L-4-16C300A	4P	16	300	1/24	183,98 €
NB1L-2-32C300A	2P	32	300	1/48	169,64 €	NB1L-4-20C300A	4P	20	300	1/24	186,23 €
NB1L-2-40C300A	2P	40	300	1/48	174,99 €	NB1L-4-25C300A	4P	25	300	1/24	188,19 €
NB1L-3-6C30A	3P	6	30	1/24	165,93 €	NB1L-4-32C300A	4P	32	300	1/24	222,25 €
NB1L-3-10C30A	3P	10	30	1/24	164,42 €	NB1L-4-40C300A	4P	40	300	1/24	230,91 €
NB1L-3-16C30A	3P	16	30	1/24	165,37 €						

Código	Polos	Int. (A)	IΔn (mA)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	IΔn (mA)	Emb.	PVP
<b>NB1L (aut + bloque)</b>	<b>Clase A</b>	<b>Curva C</b>	<b>10 kA</b>								<b>F5I</b>
NB1L-1N-6C30A10	1P+N	6	30	1/60	137,26 €	NB1L-3-6C30A10	3P	6	30	1/24	169,82 €
NB1L-1N-10C30A10	1P+N	10	30	1/60	135,19 €	NB1L-3-10C30A10	3P	10	30	1/24	170,99 €
NB1L-1N-16C30A10	1P+N	16	30	1/60	136,78 €	NB1L-3-16C30A10	3P	16	30	1/24	171,61 €
NB1L-1N-20C30A10	1P+N	20	30	1/60	137,49 €	NB1L-3-20C30A10	3P	20	30	1/24	175,44 €
NB1L-1N-25C30A10	1P+N	25	30	1/60	146,93 €	NB1L-3-25C30A10	3P	25	30	1/24	177,40 €
NB1L-1N-32C30A10	1P+N	32	30	1/60	176,16 €	NB1L-3-32C30A10	3P	32	30	1/24	202,08 €
NB1L-1N-40C30A10	1P+N	40	30	1/60	184,23 €	NB1L-3-40C30A10	3P	40	30	1/24	208,26 €
NB1L-1N-6C300A10	1P+N	6	300	1/60	130,38 €	NB1L-3-6C300A10	3P	6	300	1/24	164,13 €
NB1L-1N-10C300A10	1P+N	10	300	1/60	128,30 €	NB1L-3-10C300A10	3P	10	300	1/24	164,76 €
NB1L-1N-16C300A10	1P+N	16	300	1/60	128,72 €	NB1L-3-16C300A10	3P	16	300	1/24	170,77 €
NB1L-1N-20C300A10	1P+N	20	300	1/60	129,46 €	NB1L-3-20C300A10	3P	20	300	1/24	173,08 €
NB1L-1N-25C300A10	1P+N	25	300	1/60	135,75 €	NB1L-3-25C300A10	3P	25	300	1/24	173,75 €
NB1L-1N-32C300A10	1P+N	32	300	1/60	173,69 €	NB1L-3-32C300A10	3P	32	300	1/24	195,50 €
NB1L-1N-40C300A10	1P+N	40	300	1/60	182,91 €	NB1L-3-40C300A10	3P	40	300	1/24	202,19 €
NB1L-2-6C30A10	2P	6	30	1/48	154,86 €	NB1L-4-6C30A10	4P	6	30	1/24	203,48 €
NB1L-2-10C30A10	2P	10	30	1/48	152,78 €	NB1L-4-10C30A10	4P	10	30	1/24	202,58 €
NB1L-2-16C30A10	2P	16	30	1/48	153,85 €	NB1L-4-16C30A10	4P	16	30	1/24	203,43 €
NB1L-2-20C30A10	2P	20	30	1/48	155,31 €	NB1L-4-20C30A10	4P	20	30	1/24	204,44 €
NB1L-2-25C30A10	2P	25	30	1/48	156,49 €	NB1L-4-25C30A10	4P	25	30	1/24	205,62 €
NB1L-2-32C30A10	2P	32	30	1/48	178,02 €	NB1L-4-32C30A10	4P	32	30	1/24	234,91 €
NB1L-2-40C30A10	2P	40	30	1/48	182,97 €	NB1L-4-40C30A10	4P	40	30	1/24	243,11 €
NB1L-2-6C300A10	2P	6	300	1/48	150,31 €	NB1L-4-6C300A10	4P	6	300	1/24	196,62 €
NB1L-2-10C300A10	2P	10	300	1/48	147,61 €	NB1L-4-10C300A10	4P	10	300	1/24	195,39 €
NB1L-2-16C300A10	2P	16	300	1/48	148,12 €	NB1L-4-16C300A10	4P	16	300	1/24	195,72 €
NB1L-2-20C300A10	2P	20	300	1/48	149,07 €	NB1L-4-20C300A10	4P	20	300	1/24	196,40 €
NB1L-2-25C300A10	2P	25	300	1/48	155,25 €	NB1L-4-25C300A10	4P	25	300	1/24	197,41 €
NB1L-2-32C300A10	2P	32	300	1/48	176,16 €	NB1L-4-32C300A10	4P	32	300	1/24	227,20 €
NB1L-2-40C300A10	2P	40	300	1/48	180,55 €	NB1L-4-40C300A10	4P	40	300	1/24	235,41 €
<b>NB1L (aut + bloque)</b>	<b>Clase AC</b>	<b>Curva C</b>	<b>6 kA</b>								<b>F5I</b>
NB1L-1N-32C30AC	1P+N	32	30	1/60	153,34 €	NB1L-3-20C30AC	3P	20	30	1/24	134,45 €
NB1L-1N-40C30AC	1P+N	40	30	1/60	161,10 €	NB1L-3-25C30AC	3P	25	30	1/24	136,31 €
NB1L-1N-50C30AC	1P+N	50	30	1/60	196,46 €	NB1L-3-32C30AC	3P	32	30	1/24	182,35 €
NB1L-1N-63C30AC	1P+N	63	30	1/60	198,65 €	NB1L-3-40C30AC	3P	40	30	1/24	190,89 €
NB1L-1N-6C300AC	1P+N	6	300	1/60	108,55 €	NB1L-3-50C30AC	3P	50	30	1/24	230,75 €
NB1L-1N-10C300AC	1P+N	10	300	1/60	106,52 €	NB1L-3-63C30AC	3P	63	30	1/24	243,00 €
NB1L-1N-16C300AC	1P+N	16	300	1/60	106,97 €	NB1L-3-6C300AC	3P	6	300	1/24	129,62 €
NB1L-1N-20C300AC	1P+N	20	300	1/60	107,65 €	NB1L-3-10C300AC	3P	10	300	1/24	123,72 €
NB1L-1N-25C300AC	1P+N	25	300	1/60	108,10 €	NB1L-3-16C300AC	3P	16	300	1/24	124,48 €
NB1L-1N-32C300AC	1P+N	32	300	1/60	130,63 €	NB1L-3-20C300AC	3P	20	300	1/24	125,57 €
NB1L-1N-40C300AC	1P+N	40	300	1/60	138,45 €	NB1L-3-25C300AC	3P	25	300	1/24	126,31 €
NB1L-1N-50C300AC	1P+N	50	300	1/60	173,80 €	NB1L-3-32C300AC	3P	32	300	1/24	156,71 €
NB1L-1N-63C300AC	1P+N	63	300	1/60	176,00 €	NB1L-3-40C300AC	3P	40	300	1/24	165,32 €
NB1L-2-6C30AC	2P	6	30	1/48	121,53 €	NB1L-3-50C300AC	3P	50	300	1/24	228,50 €
NB1L-2-10C30AC	2P	10	30	1/48	119,05 €	NB1L-3-63C300AC	3P	63	300	1/24	234,20 €
NB1L-2-16C30AC	2P	16	30	1/48	119,50 €	NB1L-4-6C30AC	4P	6	30	1/24	158,51 €
NB1L-2-20C30AC	2P	20	30	1/48	119,90 €	NB1L-4-10C30AC	4P	10	30	1/24	153,51 €
NB1L-2-25C30AC	2P	25	30	1/48	120,91 €	NB1L-4-16C30AC	4P	16	30	1/24	154,13 €
NB1L-2-32C30AC	2P	32	30	1/48	156,60 €	NB1L-4-20C30AC	4P	20	30	1/24	155,65 €
NB1L-2-40C30AC	2P	40	30	1/48	166,56 €	NB1L-4-25C30AC	4P	25	30	1/24	161,10 €
NB1L-2-50C30AC	2P	50	30	1/48	198,26 €	NB1L-4-32C30AC	4P	32	30	1/24	200,11 €
NB1L-2-63C30AC	2P	63	30	1/48	203,14 €	NB1L-4-40C30AC	4P	40	30	1/24	211,61 €
NB1L-2-6C300AC	2P	6	300	1/48	112,98 €	NB1L-4-50C30AC	4P	50	30	1/24	294,54 €
NB1L-2-10C300AC	2P	10	300	1/48	112,20 €	NB1L-4-63C30AC	4P	63	30	1/24	304,21 €
NB1L-2-16C300AC	2P	16	300	1/48	112,20 €	NB1L-4-6C300AC	4P	6	300	1/24	142,74 €
NB1L-2-20C300AC	2P	20	300	1/48	113,61 €	NB1L-4-10C300AC	4P	10	300	1/24	141,09 €
NB1L-2-25C300AC	2P	25	300	1/48	115,74 €	NB1L-4-16C300AC	4P	16	300	1/24	141,71 €
NB1L-2-32C300AC	2P	32	300	1/48	139,51 €	NB1L-4-20C300AC	4P	20	300	1/24	143,30 €
NB1L-2-40C300AC	2P	40	300	1/48	144,18 €	NB1L-4-25C300AC	4P	25	300	1/24	145,31 €
NB1L-2-50C300AC	2P	50	300	1/48	175,55 €	NB1L-4-32C300AC	4P	32	300	1/24	176,58 €
NB1L-2-63C300AC	2P	63	300	1/48	180,43 €	NB1L-4-40C300AC	4P	40	300	1/24	188,08 €
NB1L-3-6C30AC	3P	6	30	1/24	135,13 €	NB1L-4-50C300AC	4P	50	300	1/24	270,32 €
NB1L-3-10C30AC	3P	10	30	1/24	132,54 €	NB1L-4-63C300AC	4P	63	300	1/24	275,83 €
NB1L-3-16C30AC	3P	16	30	1/24	133,17 €						





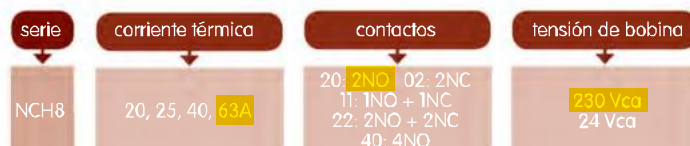
### serie NCH8 - Contactores modulares gama Doméstica y Terciaria

- Tensión: 24, 230Vca

- Intensidad nominal: 20, 25, 40 y 63A

- Categoría de utilización: AC1, AC7a, AC7b

- Norma: UNE-EN61095



Código	Contactos	Tensión Bobina	Mod. 18mm	Emb.	PVP	Código	Contactos	Tensión Bobina	Mod. 18mm	Emb.	PVP
<b>NCH8 - Contactores modulares</b>						<b>F5M</b>					
<b>Corriente térmica: 20A</b>						<b>Corriente térmica: 40A</b>					
NCH8-20/20-230	2NO	230Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/20-230	2NO	230Vca	2	6/96	70,28 €
NCH8-20/20-24	2NO	24Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/20-24	2NO	24Vca	2	6/96	70,28 €
NCH8-20/11-230	1NO+1NC	230Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/11-230	1NO+1NC	230Vca	2	6/96	70,28 €
NCH8-20/11-24	1NO+1NC	24Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/11-24	1NO+1NC	24Vca	2	6/96	70,28 €
NCH8-20/02-230	2NC	230Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/40-230	4NO	230Vca	3	4/64	91,62 €
NCH8-20/02-24	2NC	24Vca	1	8/128	36,98 €	NCH8-40/40-24	4NO	24Vca	3	4/64	91,62 €
NCH8-20/22-230	2NO+2NC	230Vca	2	6/96	43,67 €	<b>Corriente térmica: 63A</b>					
NCH8-20/22-24	2NO+2NC	24Vca	2	6/96	43,67 €	NCH8-63/20-230	2NO	230Vca	2	6/96	106,35 €
NCH8-20/40-230	4NO	230Vca	2	6/96	43,67 €	NCH8-63/20-24	2NO	24Vca	2	6/96	106,35 €
NCH8-20/40-24	4NO	24Vca	2	6/96	43,67 €	NCH8-63/11-230	1NO+1NC	230Vca	2	6/96	106,35 €
<b>Corriente térmica: 25A</b>						NCH8-63/11-24	1NO+1NC	24Vca	2	6/96	106,35 €
NCH8-25/22-230	2NO+2NC	230Vca	2	6/96	55,43 €	NCH8-63/40-230	4NO	230Vca	3	4/64	116,81 €
NCH8-25/22-24	2NO+2NC	24Vca	2	6/96	55,43 €	NCH8-63/40-24	4NO	24Vca	3	4/64	116,81 €
NCH8-25/40-230	4NO	230Vca	2	6/96	55,43 €						
NCH8-25/40-24	4NO	24Vca	2	6/96	55,43 €						



### serie NH4 - Seccionadores manuales gama Doméstica, Terciaria e Industrial

- Polos: 1, 2, 3 y 4P

- Intensidad nominal: 32, 63, 100 y 125A

- Poder de corte: 12kIn [1 segundo]

- Intensidad asignada de corta duración (Icw): 12Ie, 1s

- Norma: UNE-EN60947-3



Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP
<b>NH4 - Seccionadores manuales</b>					<b>F5M</b>				
NH4-1-32	1P	32	12/180	12,58 €	NH4-3-32	3P	32	4/60	25,86 €
NH4-1-63	1P	63	12/180	22,53 €	NH4-3-63	3P	63	4/60	54,03 €
NH4-1-100	1P	100	12/180	26,73 €	NH4-3-100	3P	100	4/60	70,15 €
NH4-1-125	1P	125	12/180	40,46 €	NH4-3-125	3P	125	4/60	105,60 €
NH4-2-32	2P	32	6/90	16,78 €	NH4-4-32	4P	32	3/45	33,39 €
NH4-2-63	2P	63	6/90	32,65 €	NH4-4-63	4P	63	3/45	70,97 €
NH4-2-100	2P	100	6/90	53,70 €	NH4-4-100	4P	100	3/45	91,04 €
NH4-2-125	2P	125	6/90	68,59 €	NH4-4-125	4P	125	3/45	107,49 €



### serie NH9 - Seccionadores manuales gama Terciaria e Industrial

- Seccionadores con maneta bloqueable y precintable en posiciones abierto y cerrado

- Polos: 1, 2, 3 y 4P (1 módulo 18mm)

- Intensidad nominal: 32A

- Poder de corte: 20kIn

- Norma: UNE-EN60947-3



Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP	Código	Polos	Int. (A)	Emb.	PVP
<b>NH9 - Seccionadores manuales</b>					<b>F5M</b>				
NH9-1-32	1P	32	12/180	13,96 €	NH9-3-32	3P	32	12/180	30,18 €
NH9-2-32	2P	32	12/180	21,16 €	NH9-4-32	4P	32	12/180	39,85 €

# Interrupidores de caja moldeada para distribución de potencia hasta 1.600A



## serie NM8 - Interruptores de caja moldeada electromecánicos gama Terciaria e Industrial



- Polos 3 y 4P
- Intensidad nominal: 16A - 1.250A
- Ajuste térmico:  $0,8I_n \sim I_n$
- Montaje/mando: Montaje fijo/Mando manual
- Norma: UNE-EN60947-2



Código	Polos	Int. (A)	PVP	Código	Polos	Int. (A)	PVP
<b>NM8 Poder de corte estándar (Tipo S)</b>				<b>F3C</b>			
<b>125S 50kA 3P</b>				<b>125S 50kA 4P</b>			
NM8-125S-3P-16A	3P	16	260,22 €	NM8-125S-4P-16A	4P	16	369,27 €
NM8-125S-3P-20A	3P	20	260,22 €	NM8-125S-4P-20A	4P	20	369,27 €
NM8-125S-3P-25A	3P	25	260,22 €	NM8-125S-4P-25A	4P	25	369,27 €
NM8-125S-3P-32A	3P	32	260,22 €	NM8-125S-4P-32A	4P	32	369,27 €
NM8-125S-3P-40A	3P	40	260,22 €	NM8-125S-4P-40A	4P	40	369,27 €
NM8-125S-3P-50A	3P	50	260,22 €	NM8-125S-4P-50A	4P	50	369,27 €
NM8-125S-3P-63A	3P	63	260,22 €	NM8-125S-4P-63A	4P	63	369,27 €
NM8-125S-3P-80A	3P	80	280,82 €	NM8-125S-4P-80A	4P	80	377,76 €
NM8-125S-3P-100A	3P	100	302,41 €	NM8-125S-4P-100A	4P	100	432,02 €
NM8-125S-3P-125A	3P	125	348,72 €	NM8-125S-4P-125A	4P	125	451,07 €
<b>250S 50kA 3P</b>				<b>250S 50kA 4P</b>			
NM8-250S-3P-100A	3P	100	491,72 €	NM8-250S-4P-100A	4P	100	771,68 €
NM8-250S-3P-125A	3P	125	499,96 €	NM8-250S-4P-125A	4P	125	778,27 €
NM8-250S-3P-160A	3P	160	619,96 €	NM8-250S-4P-160A	4P	160	906,40 €
NM8-250S-3P-200A	3P	200	1.115,11 €	NM8-250S-4P-200A	4P	200	1.365,37 €
NM8-250S-3P-250A	3P	250	1.191,31 €	NM8-250S-4P-250A	4P	250	1.510,39 €
<b>400S 70kA 3P</b>				<b>400S 70kA 4P</b>			
NM8-400S-3P-250A	3P	250	1.516,16 €	NM8-400S-4P-250A	4P	250	1.943,24 €
NM8-400S-3P-315A	3P	315	1.516,16 €	NM8-400S-4P-315A	4P	315	1.943,24 €
NM8-400S-3P-350A	3P	350	1.516,16 €	NM8-400S-4P-350A	4P	350	1.943,24 €
NM8-400S-3P-400A	3P	400	1.647,59 €	NM8-400S-4P-400A	4P	400	2.159,46 €
<b>630S 70kA 3P</b>				<b>630S 70kA 4P</b>			
NM8-630S-3P-250A	3P	250	2.007,77 €	NM8-630S-4P-250A	4P	250	2.792,42 €
NM8-630S-3P-315A	3P	315	2.007,77 €	NM8-630S-4P-315A	4P	315	2.792,42 €
NM8-630S-3P-350A	3P	350	2.007,77 €	NM8-630S-4P-350A	4P	350	2.792,42 €
NM8-630S-3P-400A	3P	400	2.007,77 €	NM8-630S-4P-400A	4P	400	2.792,42 €
NM8-630S-3P-500A	3P	500	2.007,77 €	NM8-630S-4P-500A	4P	500	2.792,42 €
<b>800S 50kA 3P</b>				<b>800S 50kA 4P</b>			
NM8-800S-3P-630A	3P	630	2.880,79 €	NM8-800S-4P-630A	4P	630	3.658,64 €
NM8-800S-3P-700A	3P	700	2.880,79 €	NM8-800S-4P-700A	4P	700	3.658,64 €
NM8-800S-3P-800A	3P	800	3.517,72 €	NM8-800S-4P-800A	4P	800	4.425,79 €
<b>1250S 50kA 3P</b>				<b>1250S 50kA 4P</b>			
NM8-1250S-3P-800A	3P	800	3.816,69 €	NM8-1250S-4P-800A	4P	800	4.849,69 €
NM8-1250S-3P-1000A	3P	1000	4.543,80 €	NM8-1250S-4P-1000A	4P	1000	5.743,32 €
NM8-1250S-3P-1250A	3P	1250	5.326,87 €	NM8-1250S-4P-1250A	4P	1250	6.403,39 €



### serie RT - Fusibles y Bases gama Industrial



- Gama de fusibles cilíndricos con calibres entre 2 y 125A, en Curva gG (estándar). Se complementan con:
- Bases para fusibles cilíndricos NRT28 (de 1 a 3P) con amperaje de 32A a 125A
- Bases portafusibles unipolares BRT36
- Series de fusibles RT36 TIPO NH - 4~1.000A (120kA/500V), entre 80 y 1.000A (otras intensidades: consultar disponibilidad)
- Empuñadura extracción de fusibles NH (ERT36)

Código	Dimensiones	Calibre	Emb.	PVP	Código	Dimensiones	Calibre	Emb.	PVP
<b>RT28/RT29 Fusibles cilíndricos Curva gG estándar</b>					<b>F5F</b>				
RT29-16/gG/2	8,5x31,5	2A	50	0,71 €	RT28-63/gG/10	14x51	10A	50	1,15 €
RT29-16/gG/4	8,5x31,5	4A	50	0,68 €	RT28-63/gG/16	14x51	16A	50	1,15 €
RT29-16/gG/6	8,5x31,5	6A	50	0,68 €	RT28-63/gG/20	14x51	20A	50	1,15 €
RT29-16/gG/8	8,5x31,5	8A	50	0,68 €	RT28-63/gG/25	14x51	25A	50	1,15 €
RT29-16/gG/10	8,5x31,5	10A	50	0,68 €	RT28-63/gG/32	14x51	32A	50	1,26 €
RT29-16/gG/16	8,5x31,5	16A	50	0,68 €	RT28-63/gG/40	14x51	40A	50	1,26 €
RT28-32/gG/2	10x38	2A	50	0,79 €	RT28-63/gG/50	14x51	50A	50	1,28 €
RT28-32/gG/4	10x38	4A	50	0,79 €	RT28-63/gG/63	14x51	63A	50	1,38 €
RT28-32/gG/6	10x38	6A	50	0,79 €	RT29-125/gG/25	22x58	25A	50	2,31 €
RT28-32/gG/8	10x38	8A	50	0,79 €	RT29-125/gG/32	22x58	32A	50	2,31 €
RT28-32/gG/10	10x38	10A	50	0,79 €	RT29-125/gG/40	22x58	40A	50	2,31 €
RT28-32/gG/16	10x38	16A	50	0,79 €	RT29-125/gG/50	22x58	50A	50	2,31 €
RT28-32/gG/20	10x38	20A	50	0,81 €	RT29-125/gG/63	22x58	63A	50	2,31 €
RT28-32/gG/25	10x38	25A	50	0,81 €	RT29-125/gG/80	22x58	80A	50	2,42 €
RT28-32/gG/32	10x38	32A	50	0,81 €	RT29-125/gG/100	22x58	100A	50	2,73 €
					RT29-125/gG/125	22x58	125A	50	2,88 €

Código	Polos	Amp.	para fusibles	Dim.	PVP	Código	Polos	Amp.	para fusibles	Dim.	PVP
<b>NRT28 Base para fusibles cilíndricos</b>						<b>F5F</b>					
NRT28-32/1P	1P	32A	RT28-32	18 mm	4,62 €	NRT28-32/2P	2P	32A	RT28-32	36 mm	9,88 €
NRT28-63/1P	1P	63A	RT28-63	26 mm	10,93 €	NRT28-32/3P	3P	32A	RT28-32	54 mm	17,08 €
NRT28-125/1P	1P	125A	RT29-125	35 mm	16,82 €						

Código	Tamaño	Calibre	Emb.	PVP	Código	Tamaño	Calibre	Emb.	PVP
<b>Fusibles Tipo NH - 4~1.000A (120kA/500V)</b>					<b>F5F</b>				
RT36-00/gG/4	T00	4A	3	6,30 €	RT36-1/gG/200	T1	200A	3	13,14 €
RT36-00/gG/6	T00	6A	3	6,30 €	RT36-1/gG/250	T1	250A	3	13,45 €
RT36-00/gG/10	T00	10A	3	6,30 €	RT36-2/gG/125	T2	125A	1	15,77 €
RT36-00/gG/16	T00	16A	3	6,30 €	RT36-2/gG/160	T2	160A	1	15,77 €
RT36-00/gG/20	T00	20A	3	6,30 €	RT36-2/gG/200	T2	200A	1	16,03 €
RT36-00/gG/25	T00	25A	3	6,30 €	RT36-2/gG/250	T2	250A	1	16,56 €
RT36-00/gG/32	T00	32A	3	6,30 €	RT36-2/gG/300	T2	300A	1	18,29 €
RT36-00/gG/40	T00	40A	3	6,30 €	RT36-2/gG/315	T2	315A	1	18,29 €
RT36-00/gG/50	T00	50A	3	6,30 €	RT36-2/gG/355	T2	355A	1	18,65 €
RT36-00/gG/63	T00	63A	3	6,30 €	RT36-2/gG/400	T2	400A	1	18,82 €
RT36-00/gG/80	T00	80A	3	6,30 €	RT36-3/gG/315	T3	315A	1	20,55 €
RT36-00/gG/100	T00	100A	3	6,30 €	RT36-3/gG/355	T3	355A	1	20,55 €
RT36-00/gG/125	T00	125A	3	6,67 €	RT36-3/gG/400	T3	400A	1	20,41 €
RT36-00/gG/160	T00	160A	3	6,67 €	RT36-3/gG/500	T3	500A	1	38,36 €
RT36-1/gG/80	T1	80A	3	11,56 €	RT36-3/gG/630	T3	630A	1	38,63 €
RT36-1/gG/100	T1	100A	3	10,51 €	RT36-4/gG/800	T4	800A	1	155,09 €
RT36-1/gG/125	T1	125A	3	10,51 €	RT36-4/gG/1000	T4	1000A	1	157,65 €
RT36-1/gG/160	T1	160A	3	10,51 €					



Código	Tamaño	Calibre	Emb.	PVP
<b>Bases portafusibles unipolares BRT36</b>				<b>F5F</b>
BRT36/00	T00	160A	3	7,23 €
BRT36/1	T1	250A	3	20,90 €
BRT36/2	T2	400A	3	25,47 €
BRT36/3	T3	630A	3	39,80 €
BRT36/4	T4	1000A	3	179,62 €



Código	Emb.	PVP
<b>Empuñadura extracción fusibles NH</b>		<b>F5F</b>
ERT36	1	18,40 €





## Luma

### BGP623 LED110-4S/740 I DM11 GR DDF27 SRG

LUMA 1 – 60 piezas – LED module 11000 lm – 4th generation, screw fixation – 740 blanco neutro – Unidad de fuente de alimentación con DynaDimmer – Seguridad clase I – Distribución media 11 – Lentes de micro-óptica acrílica – GR – DynaDimmer con preajustes fijos versión 27 – Regulación a través de DynaDimmer integrado en balasto o controlador – SRG10 kV – No – Spigot para diámetro de 62 mm

Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

#### Datos del producto

Información general		Temperatura de color	740 blanco neutro
Número de fuentes de luz	60 [ 60 piezas]	Fuente de luz sustituible	Si
Código familia de lámparas	LED110 [ LED module 11000 lm]	Número de unidades de equipo	1
Versión de lámpara	4S [ 4th generation, screw fixation]		

## Luma

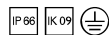
Driver/unidad de potencia/transformador	PSDD [ Unidad de fuente de alimentación con DynaDimmer]
Driver incluido	Si
Tipo lente/cubierta óptica	AC-MLO [ Lentes de micro-óptica acrílica]
Apertura de haz de luz de la luminaria	78° ~ 14° x 156°
Control integrado	DDF27 [ DynaDimmer con preajustes fijos versión 27]
Interfaz de control	DMX
Regulación de luz	Regulación a través de DynaDimmer integrado en balasto o controlador
Connection	Unidad de conexión de 3 polos
Cable	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Marca de inflamabilidad	NO [ No]
Marca CE	Marcado CE
Certificado ENEC	Marcado ENEC
Período de garantía	5 años
Optic type outdoor	Distribución media 11
Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value. * A temperaturas ambiente extremas, es posible que la luminaria se atenúe automáticamente para proteger los componentes
Pernos de fijación de la luminaria	L30
Flujo luminoso constante	No
Número de productos en MCB	8
Certificado RoHS	ROHS
Tipo de LED engine	LED
Product Family Code	BGP623 [ LUMA 1]
<b>Datos técnicos de la luz</b>	
Ratio de flujo luminoso ascendente	0
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	-
<b>Operativos y eléctricos</b>	
Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	53 A
Tiempo de irrupción	0.3 ms
Factor de potencia (mín.)	0.96
<b>Controles y regulación</b>	
Regulable	No

<b>Mecánicos y de carcasa</b>	
Material de la carcasa	Aluminio
Material del reflector	-
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Polycarbonato
Material de fijación	Aluminum
Dispositivo de montaje	62 [ Spigot para diámetro de 62 mm]
Forma cubierta óptica/lente	FT
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Ángulo de fijación	0
Longitud total	720 mm
Anchura total	435 mm
Altura total	130 mm
Diámetro total	62 mm
Área de proyección efectiva	0.057 m²
Color	GR
<b>Aprobación y aplicación</b>	
Código de protección de entrada	IP66 [ Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK09 [ IK09]
Protección contra sobretensiones (común/diferencial)	SRG10 kV
<b>Rendimiento inicial (conforme con IEC)</b>	
Flujo lumínico inicial	10010 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	154 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
inic. Índice de reproducción del color	≥70
Cromacidad inicial	(0.382, 0.379) SDCM <5
Potencia de entrada inicial	65 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%
<b>Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)</b>	
Control gear failure rate at median useful life 100000 h	10 %
Lumen maintenance at median useful life* 100000 h	L95
<b>Condiciones de aplicación</b>	
Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Nivel máximo de regulación	-
<b>Datos de producto</b>	
Código de producto completo	871869911591300
Nombre de producto del pedido	BGP623 LED110-4S/740 I DM11 GR DDF27 SRG
EAN/UPC - Producto	8718699115913

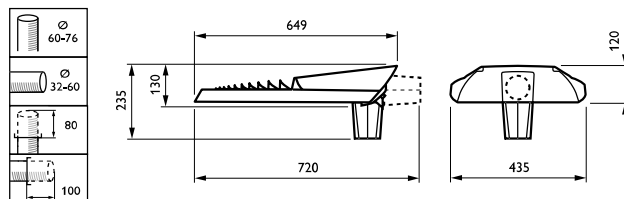
## Luma

Código de pedido	11591300
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	912300023804

Peso neto (pieza) 10.925 kg

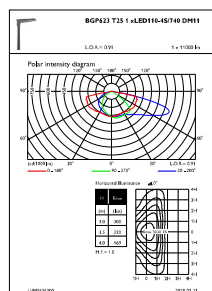


## Plano de dimensiones

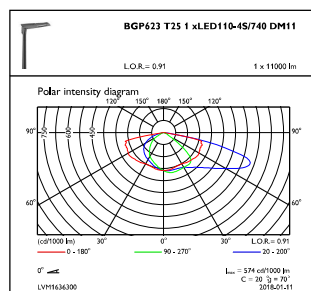


Luma BGP621-627

## Datos fotométricos



OFPL1\_BGP623T251xLED110-4S740DM11



OFPC1\_BGP623T251xLED110-4S740DM11



© 2019 Signify Holding Todos los derechos reservados. Signify no otorga representación o garantía con respecto a la exactitud o integridad de la información incluida aquí y no será responsable de ninguna acción que dependa de la misma. La información presentada en este documento no está destinada a su uso con fines comerciales ni forma parte de ningún presupuesto ni contrato, a menos que Signify acuerde otros términos. Philips y el emblema de escudo de Philips son marcas comerciales registradas de Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com  
2019, Octubre 10 - Datos sujetos a cambios

030301  
030302

Cebadores  
Báculos y columnas



03030201

## Báculos y columnas



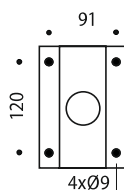
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ALTURA MM	DIÁMETRO MM	ESPESOR MM	PVR	CLAVE LOGT.
<b>Báculos y columnas</b>						
060100149	BÁCULO AM-10	8/1,5	60	3	405,76 €	3
060100151	BÁCULO AM-10	9/1,5	60	3	453,89 €	3
060100138	BÁCULO AM-10	10/1,5	60	4	599,36 €	3
060100154	BÁCULO AM-10	12/1,5	60	4	727,60 €	3
060100212	COLUMNA AM-10	6	60	3	249,84 €	3
060100217	COLUMNA AM-10	7	60	3	287,14 €	3
060100220	COLUMNA AM-10	8	60	3	330,49 €	3
060100227	COLUMNA AM-10	9	60	3	369,73 €	3
060100236	COLUMNA AM-10	10	60	3	429,01 €	3
060100242	COLUMNA AM-10	12	60	4	638,07 €	3
060100243	COLUMNA AM-10	12	76	4	650,55 €	3
0601SB3603	COLUMNA SB TRONCOCONICA	3	60	3	134,99 €	3
0601SB35603	COLUMNA SB TRONCOCONICA	3,5	60	3	161,28 €	3
0601SB4603	COLUMNA SB TRONCOCONICA	4	60	3	163,39 €	3
0601001503	COLUMNA amarillo (NICOLSON)	3	60	3	250,00 €	3
06010015035	COLUMNA amarillo (NICOLSON)	3,5	60	3	275,00 €	3
0601001504	COLUMNA amarillo (NICOLSON)	4	60	3	286,00 €	3
0601001505	COLUMNA amarillo (NICOLSON)	5	60	3	336,00 €	3



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	LONGITUD MM	DIÁMETRO MM	PVR	CLAVE LOGT.
<b>Báculos y columnas</b>					
1114B42X1000	BRAZO DE ALUMBRADO ORIENTABLE	1000	42	24,30 €	1
1114BM42	BASE PARA PARED	1000	42	25,50 €	1
1114BP42	BASE PARA POSTE	1000	42	25,50 €	1
1114CT1P	CRUCETA PARA 1 PROYECTOR	500	60	72,80 €	1
1114CT2P	CRUCETA PARA 2 PROYECTORES	900	60	84,80 €	1
1114CT3P	CRUCETA PARA 3 PROYECTORES	900	60	102,80 €	3



019314235013 | Soporte de tubo de acero 500mm. Diametro 22. Brazo pared | Negro | 26,50 € | 1 |



Dimensiones de anclaje

Accesorios de Iluminación



## Condensadores e equipamiento, MT



Los precios de condensadores de Media Tensión, son válidos para órdenes de 4 unidades de cada tipo como mínimo.

Suplemento de precio para pedidos inferiores o iguales a 3 unidades (por tipo): + 10%

Los precios que aparecen en la lista de precios corresponden a condensadores para instalación de interior/exterior, con fusibles internos(según tipo) y a la frecuencia de 50 Hz.

### CHV-M, condensadores monofásicos de Media Tensión

Tipo	Código	kvar	Peso	Dimens. (mm) anch. x alt. x fond.	EUR
BIL 20/60 kV (50 Hz) - 3,81 kV					
CHV-M 50/3,81	[c] R8A0500003810	50	18,2 kg	350 x 487 x 160	1118,57
CHV-M 75/3,81	[c] R8A0750003810	75	18,5 kg	350 x 487 x 160	1268,48
CHV-M 100/3,81	[c] R8A1000003810	100	21,9 kg	350 x 537 x 160	1350,25
CHV-M 150/3,81	[c] R8A1500003810	150	29,1 kg	350 x 637 x 160	1524
CHV-M 167/3,81	[c] R8A1670003810	167	29,3 kg	350 x 637 x 160	1585,31
CHV-M 200/3,81	[c] R8A2000003810	200	33,5 kg	350 x 697 x 160	1749,53
CHV-M 250/3,81	[c] R8A2500003810	250	44,8 kg	350 x 867 x 160	1943,54
CHV-M 300/3,81	[c] R8A3000003810	300	45,8 kg	350 x 867 x 160	2137,75
CHV-M 333/3,81	[c] R8A3330003810	333	52,3 kg	350 x 957 x 160	2350,45
CHV-M 400/3,81	[c] R8A4000003810	400	55,3 kg	350 x 927 x 175	2475,58
CHV-M 500/3,81	[c] R8A5000003810	500	68,3 kg	350 x 1097 x 175	2843,08
CHV-M 600/3,81	[c] R8A6000003810	600	80,2 kg	350 x 1247 x 175	3326,78
BIL 28/75 kV (50 Hz) - 6,35 kV					
CHV-M 50/6,35 *	[c] R8B0500006350	50	17,9 kg	350 x 487 x 160	1212,09
CHV-M 75/6,35 *	[c] R8B0750006350	75	21,8 kg	350 x 537 x 160	1299
CHV-M 100/6,35	[c] R8B1000006350	100	21,8 kg	350 x 537 x 160	1380,77
CHV-M 150/6,35	[c] R8B1500006350	150	28,6 kg	350 x 637 x 160	1554,52
CHV-M 167/6,35	[c] R8B1670006350	167	29,1 kg	350 x 637 x 160	1615,83
CHV-M 200/6,35	[c] R8B2000006350	200	33,2 kg	350 x 697 x 160	1780,05
CHV-M 250/6,35	[c] R8B2500006350	250	37,8 kg	350 x 757 x 160	1974,06
CHV-M 300/6,35	[c] R8B3000006350	300	45,3 kg	350 x 867 x 160	2168,27
CHV-M 333/6,35	[c] R8B3330006350	333	49,4 kg	350 x 857 x 175	2380,97
CHV-M 400/6,35	[c] R8B4000006350	400	54,5 kg	350 x 927 x 175	2506,1
CHV-M 500/6,35	[c] R8B5000006350	500	65,6 kg	350 x 1067 x 175	2873,6
CHV-M 600/6,35	[c] R8B6000006350	600	79,2 kg	350 x 1247 x 175	3357,3
CHV-M 750/6,35	[c] R8B7500006350	750	90,4 kg	350 x 1217 x 200	4112,58
BIL 38/95 kV (50 Hz) - 9,53 kV					
CHV-M 50/9,53 *	[c] R8C0500009530	50	19,5 kg	350 x 530 x 160	1258,2
CHV-M 75/9,53 *	[c] R8C0750009530	75	20,2 kg	350 x 530 x 160	1345,08
CHV-M 100/9,53 *	[c] R8C1000009530	100	23,6 kg	350 x 580 x 160	1426,88
CHV-M 150/9,53	[c] R8C1500009530	150	31,0 kg	350 x 680 x 160	1590,39
CHV-M 167/9,53	[c] R8C1670009530	167	34,9 kg	350 x 740 x 160	1656,9
CHV-M 200/9,53	[c] R8C2000009530	200	35,4 kg	350 x 740 x 160	1815,73
CHV-M 250/9,53	[c] R8C2500009530	250	46,9 kg	350 x 910 x 160	2010
CHV-M 300/9,53	[c] R8C3000009530	300	48,0 kg	350 x 910 x 160	2199,14
CHV-M 333/9,53	[c] R8C3330009530	333	54,7 kg	350 x 1000 x 160	2416,73
CHV-M 400/9,53	[c] R8C4000009530	400	59,7 kg	350 x 1000 x 175	2541,54
CHV-M 500/9,53	[c] R8C5000009530	500	71,0 kg	350 x 1140 x 175	2924,8
CHV-M 600/9,53	[c] R8C6000009530	600	83,1 kg	350 x 1290 x 175	3552,12
CHV-M 750/9,53	[c] R8C7500009530	750	90,4 kg	350 x 1257 x 200	4264,75



## LVC, Contactor trifásico para conexión de condensadores de media tensión

400 A - 6,6 kV c.a.



Tipo	Código	Tensión máxima de uso	Corriente máx.	Tensión auxiliar	EUR
LVC-6Z44ED	[*] R80911	6,6 kVc.a	3 x 400 A	220 Vc.a.	2695,30
LVC-6Z44ED	[*] R809110010000	6,6 kVc.a	3 x 400 A	110 Vc.c.	2695,30

## RMV, Reactancias de choque para baterías de condensadores media tensión

### RMV-260



Tipo	Código	I (A)	L (μH)	Peso (kg)	EUR
RMV - 260 - 50 - 350	[2] R80628	50	350	13	961,04
RMV - 260 - 60 - 250	[2] R80637	60	250	14	973,88
RMV - 260 - 100 - 100	[*] R80664	100	100	16	991,50
RMV - 260 - 125 - 50	[2] R80672	125	50	14	999,54
RMV - 260 - 175 - 30	[2] R80691	175	30	14	1014,44
<b>RMV-330</b>					
RMV - 330 - 60 - 450	[2] R80739	60	450	20	1249,20
RMV - 330 - 75 - 350	[2] R80748	75	350	21	1264,77
RMV - 330 - 90 - 250	[2] R80757	90	250	26	1282,94
RMV - 330 - 125 - 100	[2] R80774	125	100	22	1326,76
RMV - 330 - 200 - 50	[2] R807A2	200	50	22	1349,81
RMV - 330 - 250 - 30	[2] R807B1	250	30	23	1378,01

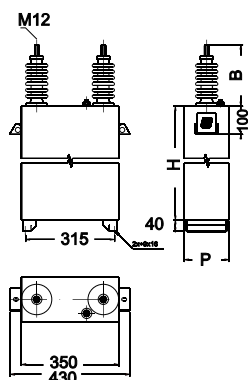
Los parámetros de elección de las reactancias RMV son:

- \* Corriente máxima de trabajo (1,43 veces  $I_n$  del equipo)
- \* Inductancia necesaria en mH
- \* Tensión de aislamiento kV

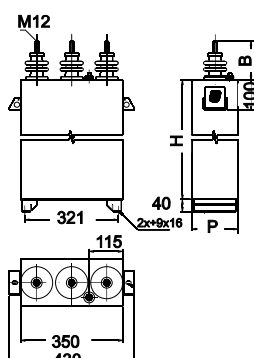
La tensión de aislamiento es de 12 kV (28/75). Otras tensiones bajo demanda  
La corriente térmica es de 43 In / 1 s. Otros valores bajo demanda  
Otras corrientes y mH consultar precio.

## Dimensiones

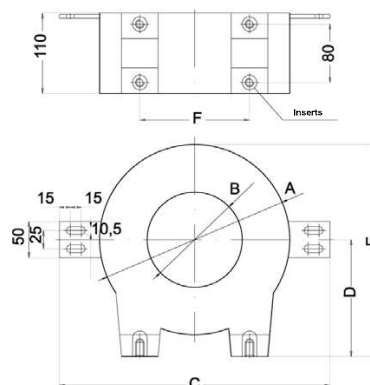
### CHV-M



### CHV-T



### RMV



Tipo	A Ø mm	B Ø mm	C mm	D mm	E mm	F mm	Insertos
RMV-260	260	130	370	160	370	290	M12
RMV-330	330	150	470	190	355	210	M12/M16

Plazo de entrega: [\*] inmediato  
[x] semanas laborables  
[c] consultar

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **PLANOS**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

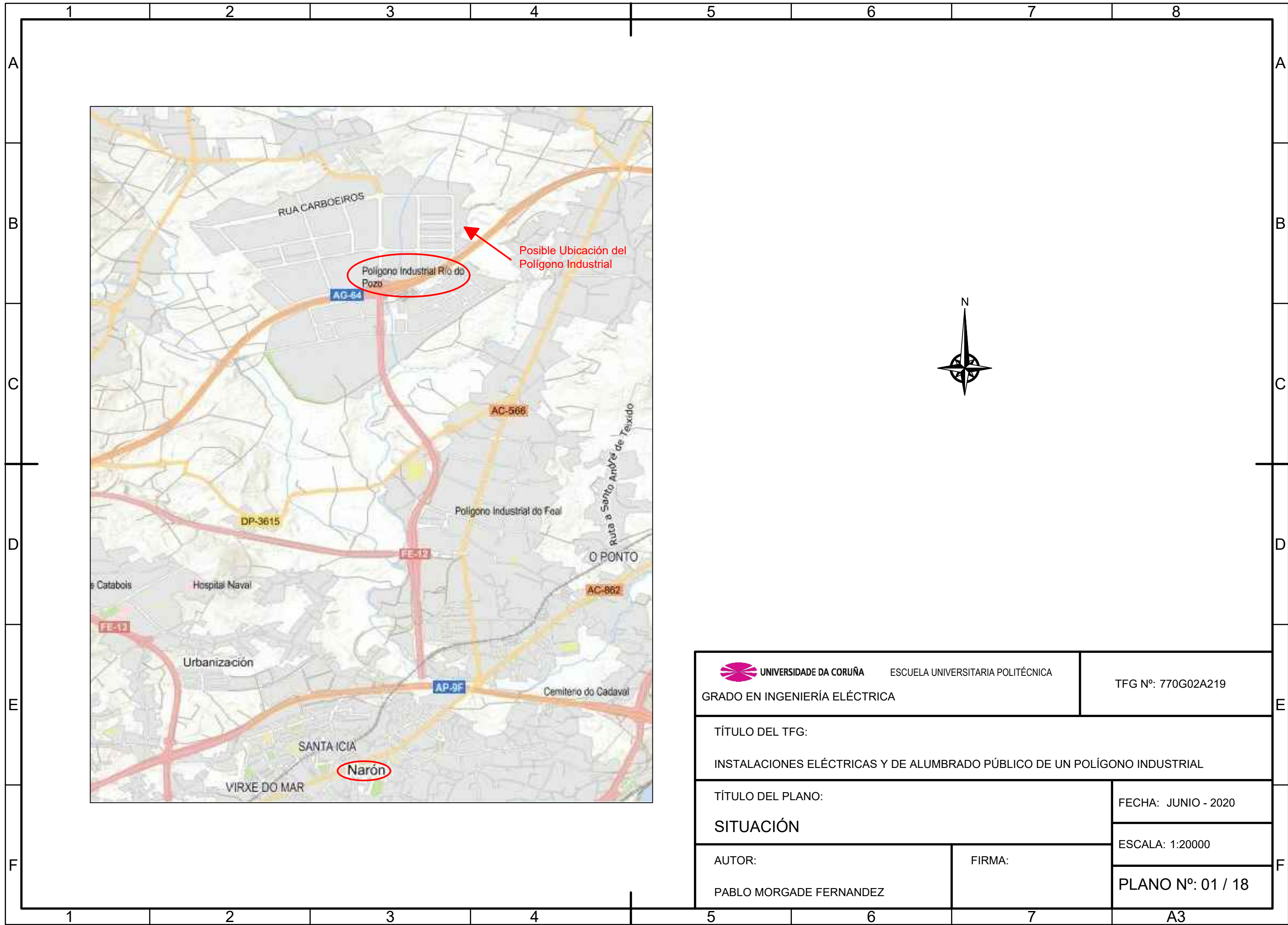
**ÍNDICE DEL DOCUMENTO PLANOS**

	Páginas
3 PLANOS .....	720
3.1 Situación A3 1-1 .....	721
3.2 Emplazamiento A2 1-1000 .....	722
3.3 Distribución A2 1-1000 .....	723
3.4 Distribución acotado A2 1-1000 .....	724
3.5 Red Distribución Media Tensión A2 1-1000 .....	725
3.6 Red Distribución Baja Tensión A2 1-1000 .....	726
3.7 Red Distribución Alumbrado Público A2 1-1000 .....	727
3.8 Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	728
3.9 Foso Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	729
3.10 Centro Transformación 400 kVA A2 1-50 .....	730
3.11 Foso Centro Transformación 400 kVA A3 1-100 .....	731
3.12 Canalización Bajo Acera A3 1-10 .....	732
3.13 Canalización Bajo Calzada A3 1-10 .....	733
3.14 Unifilar Media Tensión A1 1-1 .....	734
3.15 Unifilar Baja Tensión A1 1-1 .....	735
3.16 Unifilar Alumbrado Público A1 1-1 .....	736
3.17 Red Tierra Centro Seccionamiento A2 1-20 .....	737
3.18 Red Tierra Centro Transformación 400 kVA A2 1-50 .....	738

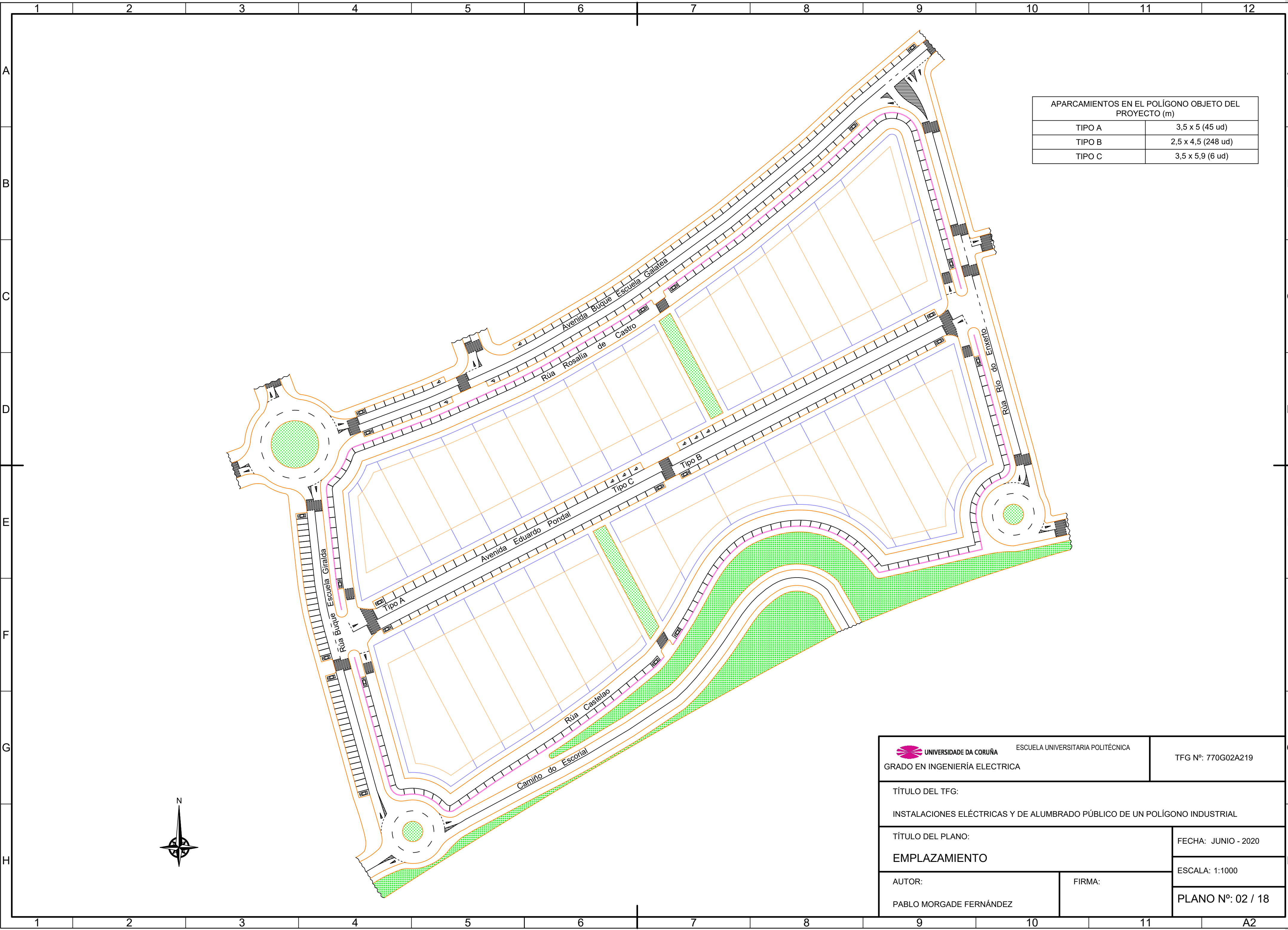
### **3 PLANOS**

El documento Planos es uno de los documentos que constituyen el Proyecto y tiene como misión, junto con la Memoria, definir de forma unívoca el objeto del Proyecto.


En este apartado del presente proyecto de ejecución se detallan los planos necesarios para el diseño de la instalación eléctrica del polígono Ártabro, Instalaciones eléctricas y de alumbrado público de un polígono industrial.



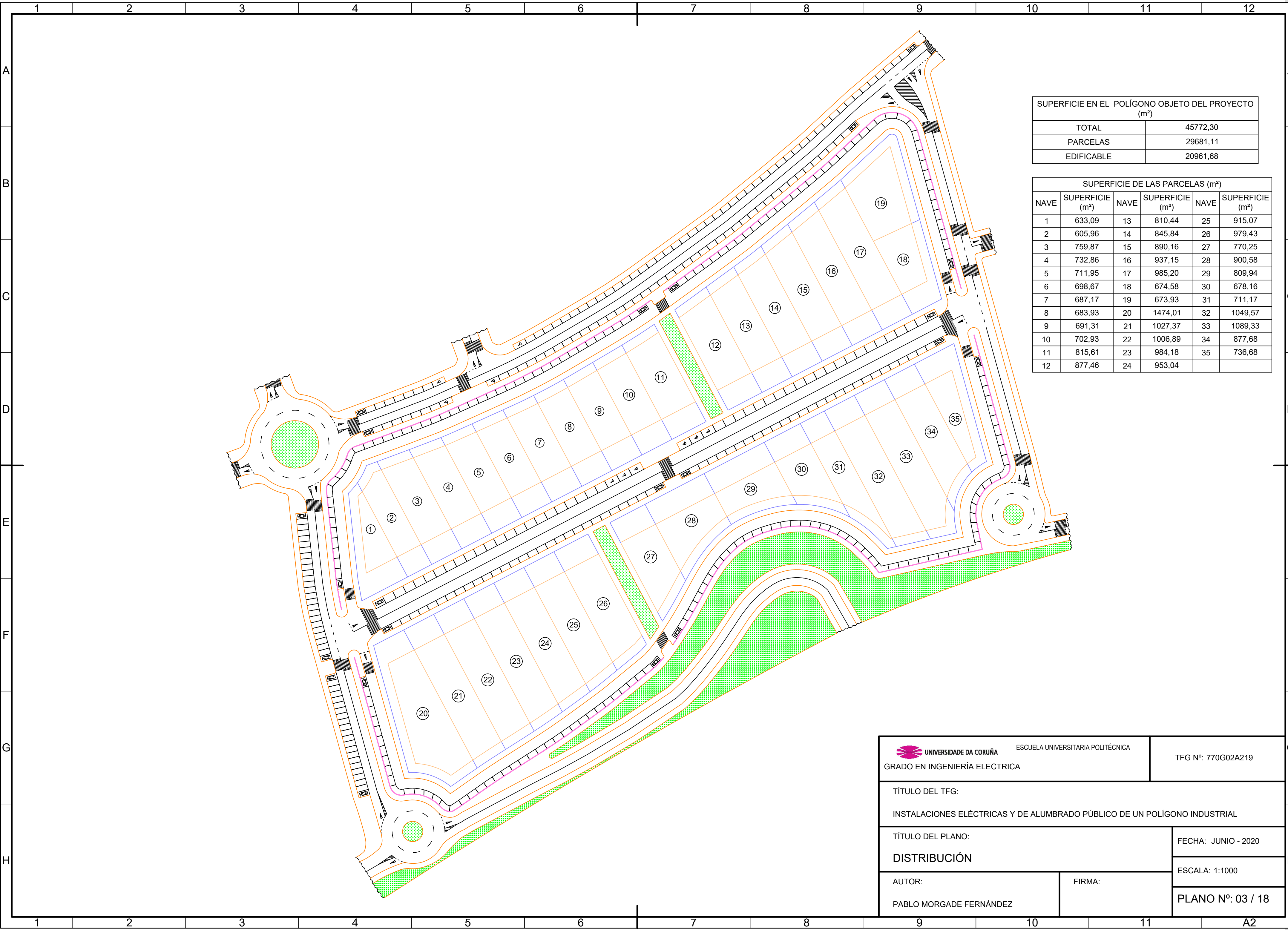




APARCAMIENTOS EN EL POLÍGONO OBJETO DEL PROYECTO (m)	
TIPO A	3,5 x 5 (45 ud)
TIPO B	2,5 x 4,5 (248 ud)
TIPO C	3,5 x 5,9 (6 ud)


 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA		TFG Nº: 770G02A219
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA				
TÍTULO DEL TFG:				
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL				
TÍTULO DEL PLANO:			FECHA: JUNIO - 2020	
EMPLAZAMIENTO			ESCALA: 1:1000	
AUTOR:		FIRMA:		PLANO Nº: 02 / 18
PABLO MORGADÉ FERNÁNDEZ				



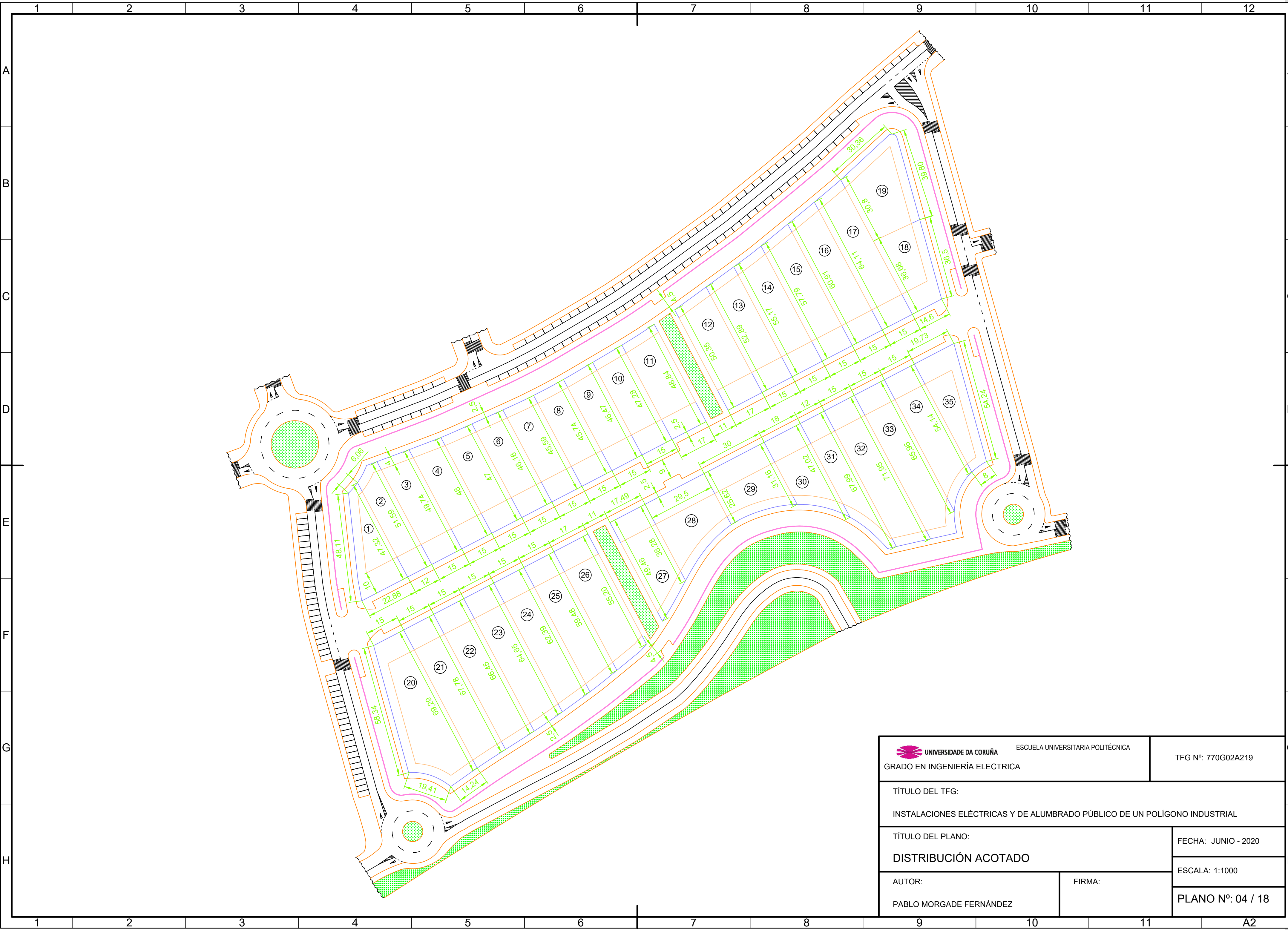



SUPERFICIE EN EL POLÍGONO OBJETO DEL PROYECTO (m²)	
TOTAL	45772,30
PARCELAS	29681,11
EDIFICABLE	20961,68

SUPERFICIE DE LAS PARCELAS (m²)					
NAVE	SUPERFICIE (m²)	NAVE	SUPERFICIE (m²)	NAVE	SUPERFICIE (m²)
1	633,09	13	810,44	25	915,07
2	605,96	14	845,84	26	979,43
3	759,87	15	890,16	27	770,25
4	732,86	16	937,15	28	900,58
5	711,95	17	985,20	29	809,94
6	698,67	18	674,58	30	678,16
7	687,17	19	673,93	31	711,17
8	683,93	20	1474,01	32	1049,57
9	691,31	21	1027,37	33	1089,33
10	702,93	22	1006,89	34	877,68
11	815,61	23	984,18	35	736,68
12	877,46	24	953,04		

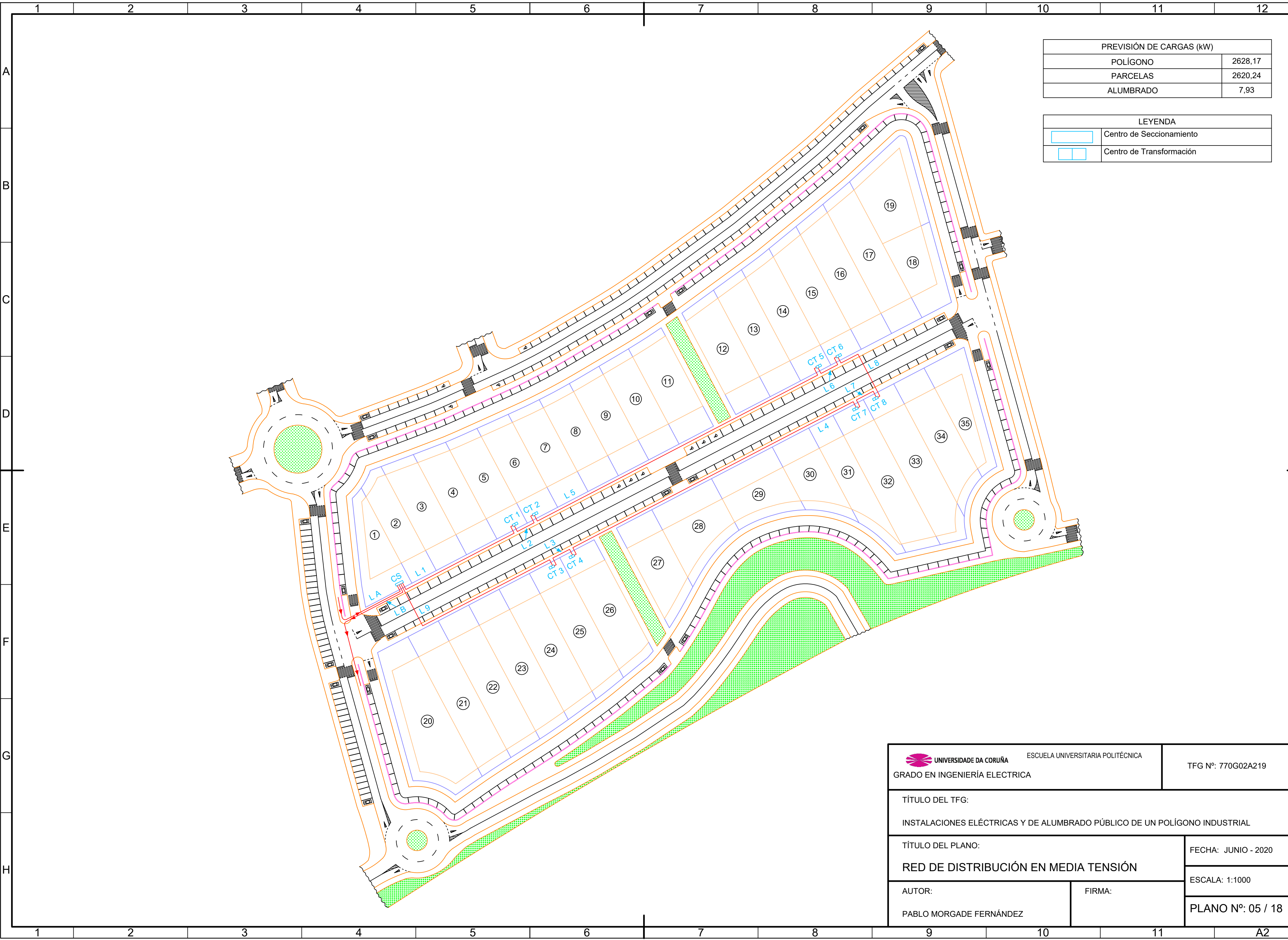
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA	
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA		TFG Nº: 770G02A219	
TÍTULO DEL TFG:			
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL			
TÍTULO DEL PLANO:			FECHA: JUNIO - 2020
DISTRIBUCIÓN			ESCALA: 1:1000
AUTOR:		FIRMA:	
PABLO MORGADÉ FERNÁNDEZ			
			PLANO Nº: 03 / 18



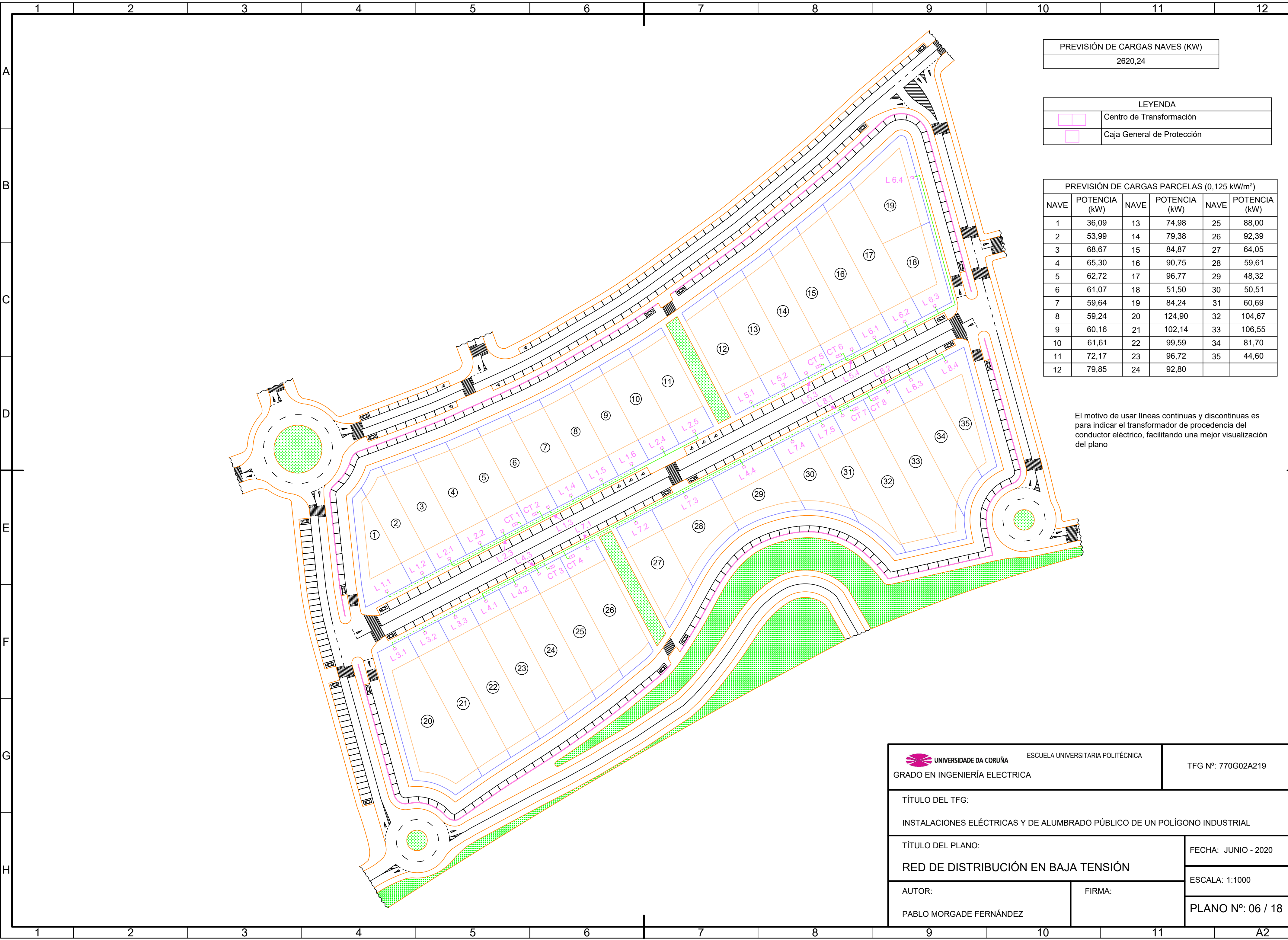


 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA	TFG Nº: 770G02A219
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA			
TÍTULO DEL TFG:			
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL			
TÍTULO DEL PLANO:			FECHA: JUNIO - 2020
DISTRIBUCIÓN ACOTADO			ESCALA: 1:1000
AUTOR:	FIRMA:		PLANO Nº: 04 / 18
PABLO MORGADE FERNÁNDEZ			









PREVISIÓN DE CARGAS NAVES (KW)
2620,24

LEYENDA	
	Centro de Transformación
	Caja General de Protección

PREVISIÓN DE CARGAS PARCELAS (0,125 kW/m²)					
NAVE	POTENCIA (kW)	NAVE	POTENCIA (kW)	NAVE	POTENCIA (kW)
1	36,09	13	74,98	25	88,00
2	53,99	14	79,38	26	92,39
3	68,67	15	84,87	27	64,05
4	65,30	16	90,75	28	59,61
5	62,72	17	96,77	29	48,32
6	61,07	18	51,50	30	50,51
7	59,64	19	84,24	31	60,69
8	59,24	20	124,90	32	104,67
9	60,16	21	102,14	33	106,55
10	61,61	22	99,59	34	81,70
11	72,17	23	96,72	35	44,60
12	79,85	24	92,80		

El motivo de usar líneas continuas y discontinuas es para indicar el transformador de procedencia del conductor eléctrico, facilitando una mejor visualización del plano



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA

TFG Nº: 770G02A219

TÍTULO DEL TFG:  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL

TÍTULO DEL PLANO:  
RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

FECHA: JUNIO - 2020

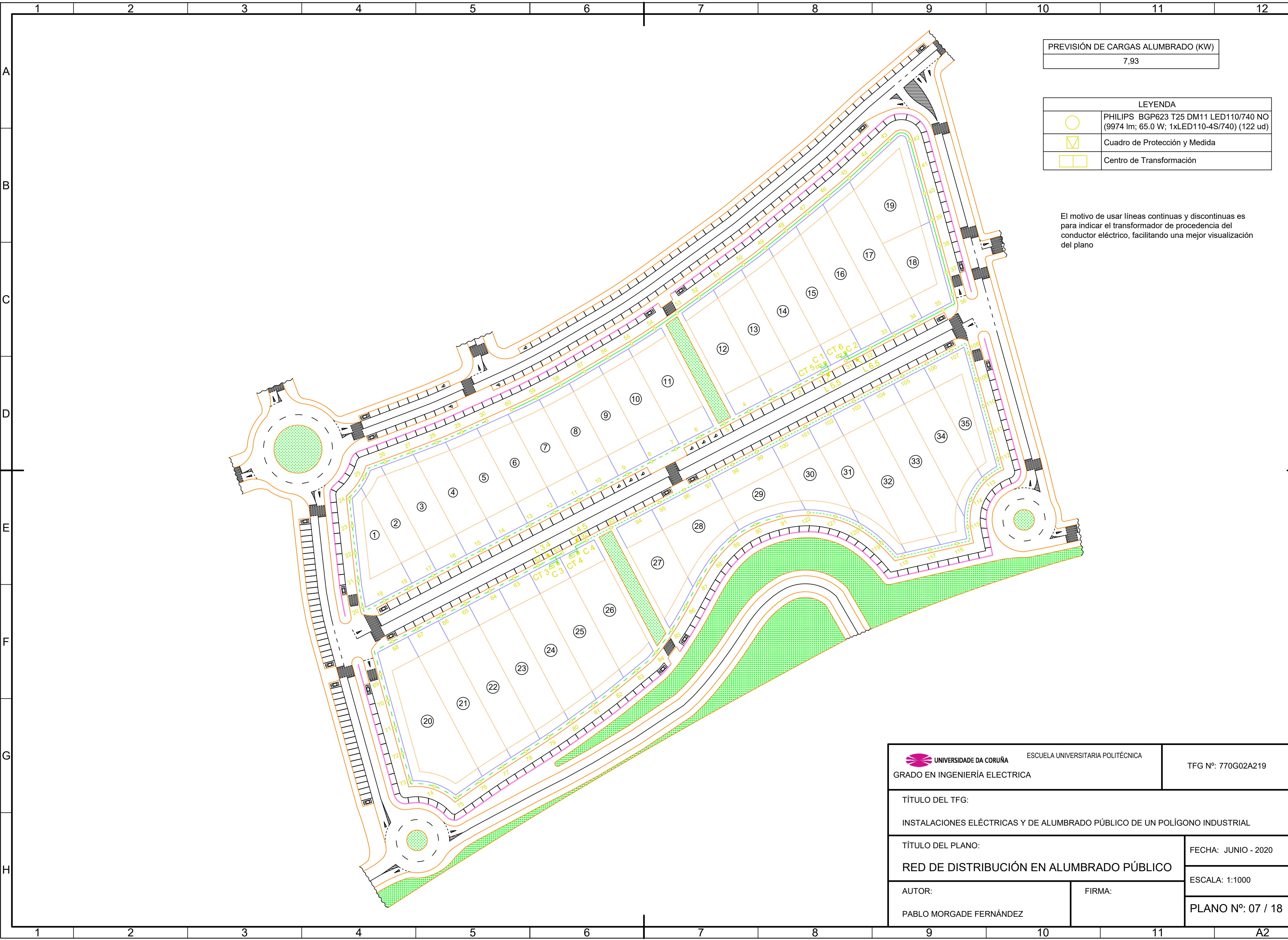
ESCALA: 1:1000

PLANO Nº: 06 / 18

AUTOR:  
PABLO MORGADÉ FERNÁNDEZ

FIRMA:



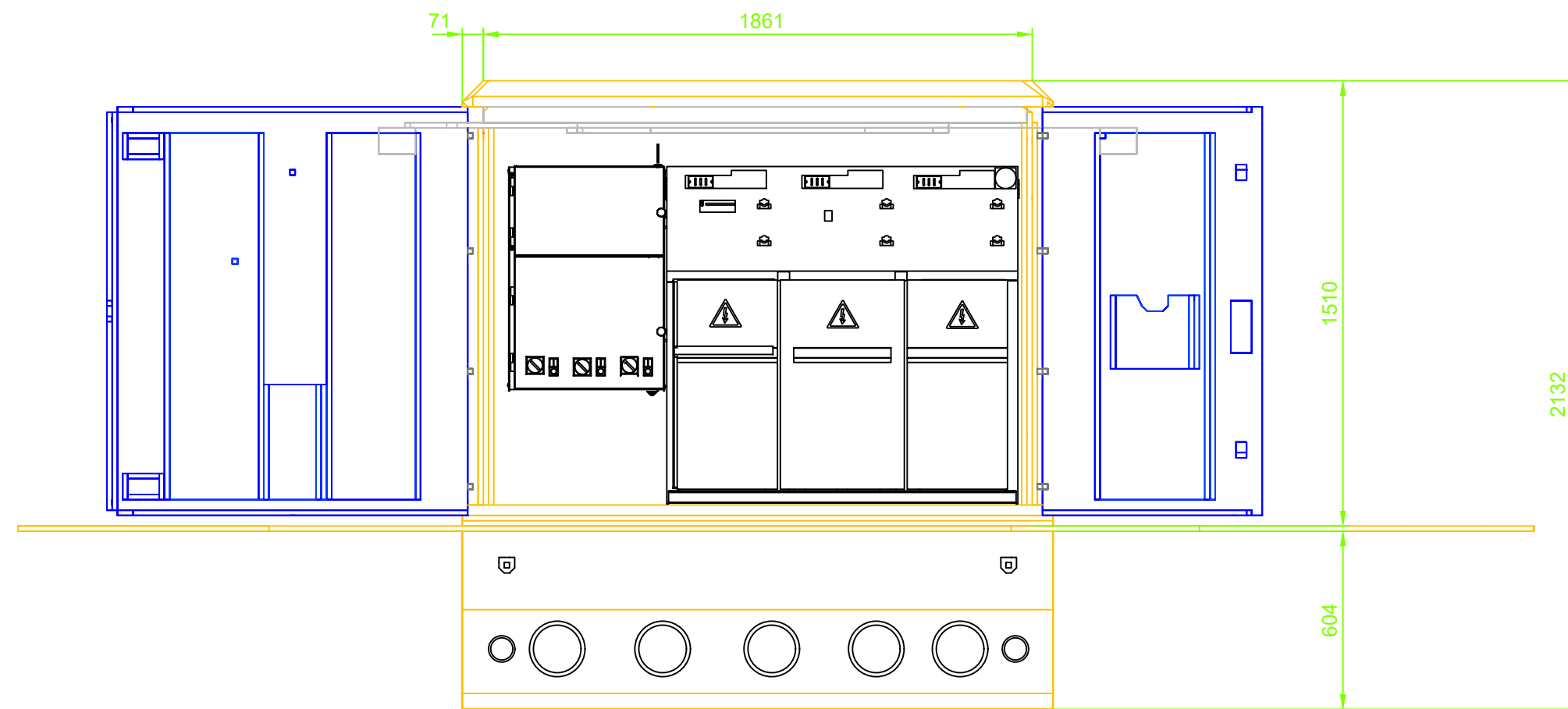


PREVISIÓN DE CARGAS ALUMBRADO (KW)
7,93

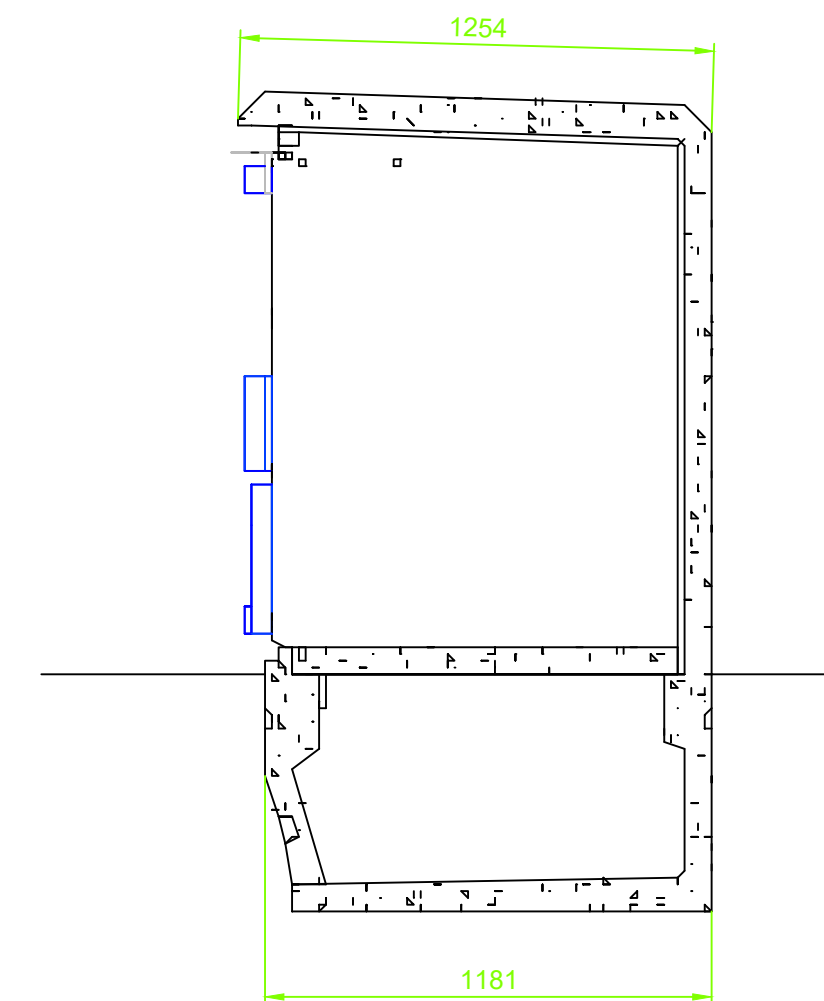
LEYENDA	
	PHILIPS BGP623 T25 DM11 LED110/740 NO (9974 lm; 65.0 W; 1xLED110-4S/740) (122 ud)
	Cuadro de Protección y Medida
	Centro de Transformación

El motivo de usar líneas continuas y discontinuas es para indicar el transformador de procedencia del conductor eléctrico, facilitando una mejor visualización del plano

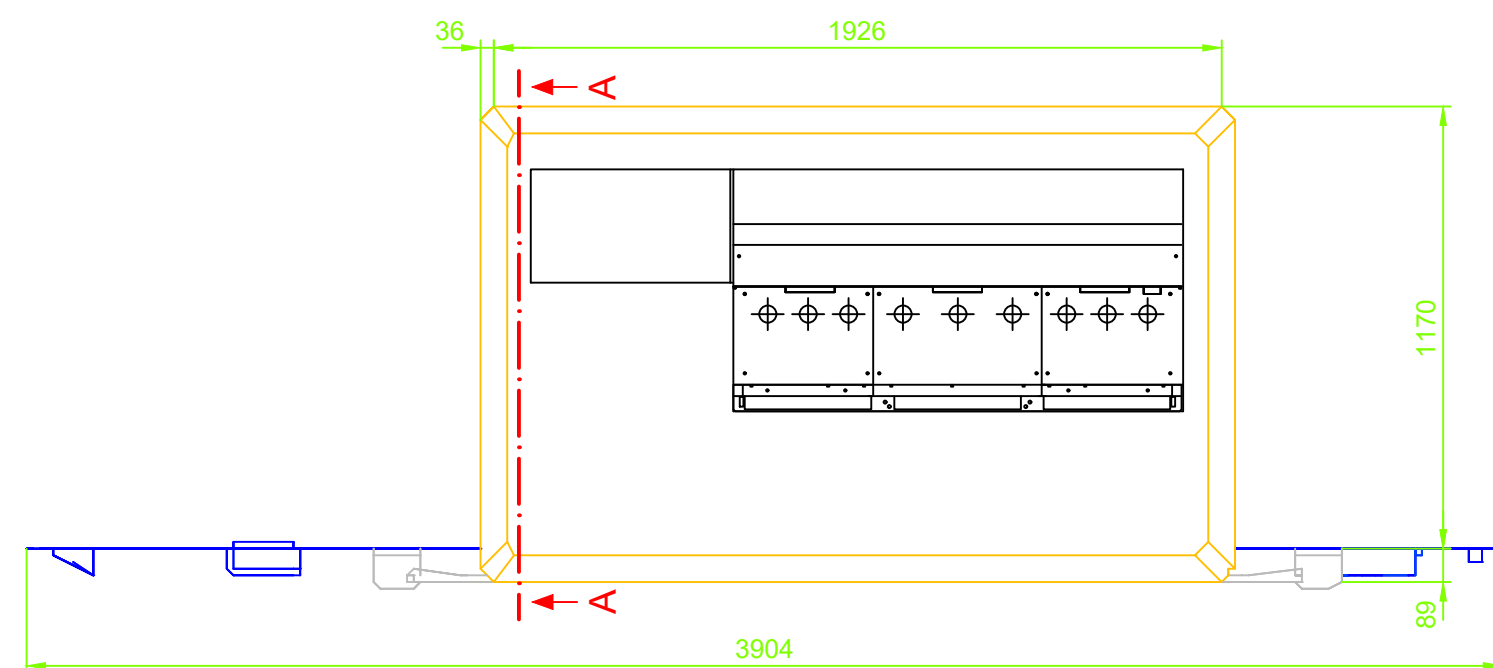
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA		TFG Nº: 770G02A219
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA				
TÍTULO DEL TFG:				
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL				
TÍTULO DEL PLANO:				FECHA: JUNIO - 2020
RED DE DISTRIBUCIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO				ESCALA: 1:1000
AUTOR:		FIRMA:		PLANO Nº: 07 / 18
PABLO MORGADÉ FERNÁNDEZ				



ALZADO

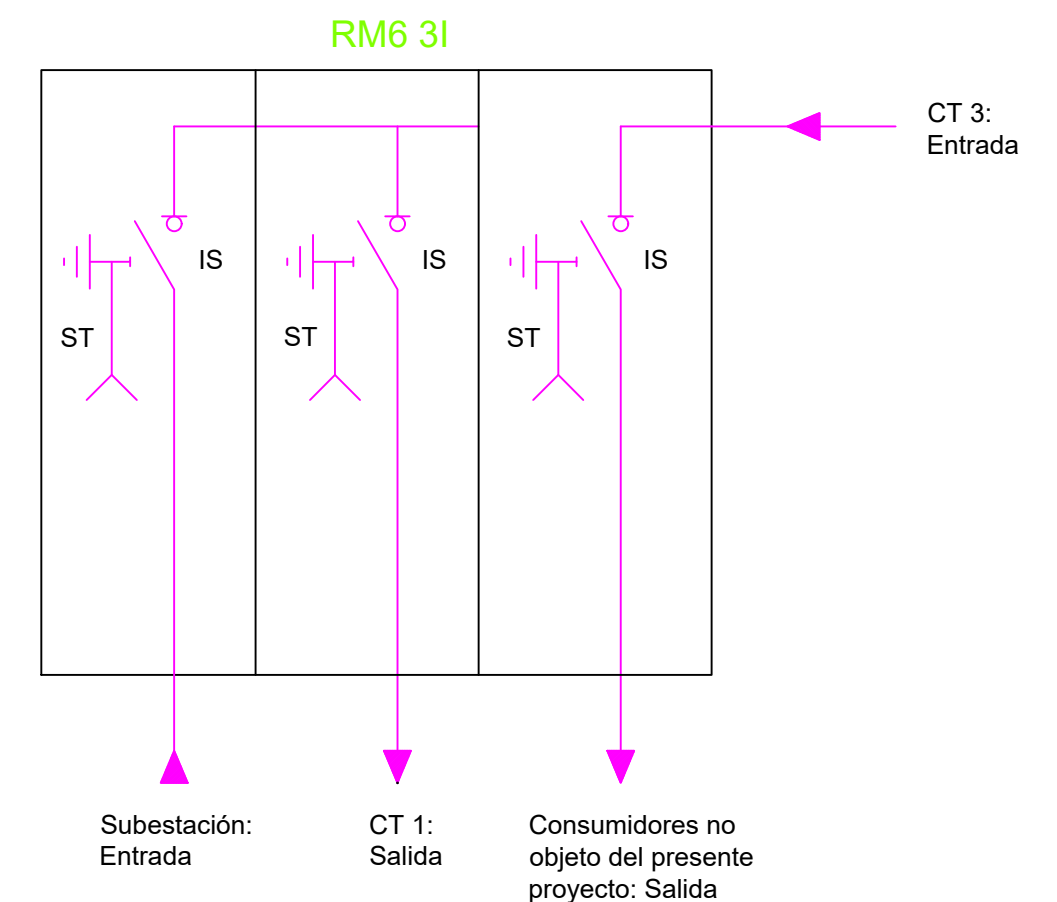


SECCIÓN A-A



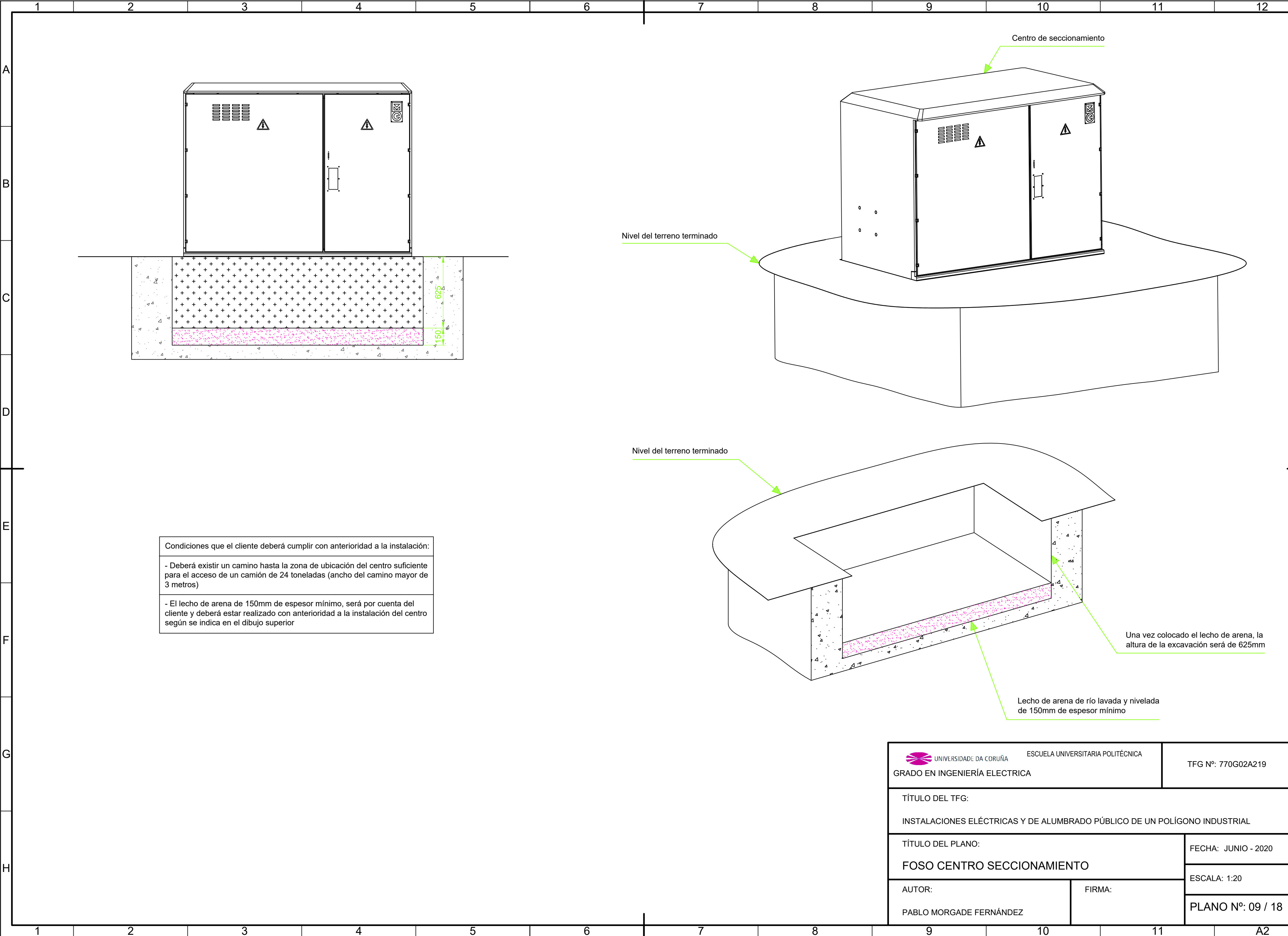
PLANTA

CARACTERÍSTICAS CELDAS RM6
IS: Interruptor-seccionador en SF6 de 400A, Vn = 24Kv, Icc = 16KA
ST: Seccionador de puesta a tierra en SF6
Lámparas de presencia de tensión




UNIFILAR

UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA		TFG Nº: 770G02A219
TÍTULO DEL TFG: INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL PLANO: CENTRO SECCIONAMIENTO		FECHA: JUNIO - 2020
AUTOR: PABLO MORGADE FERNÁNDEZ	FIRMA:	ESCALA: 1:20
		PLANO Nº: 08 / 18

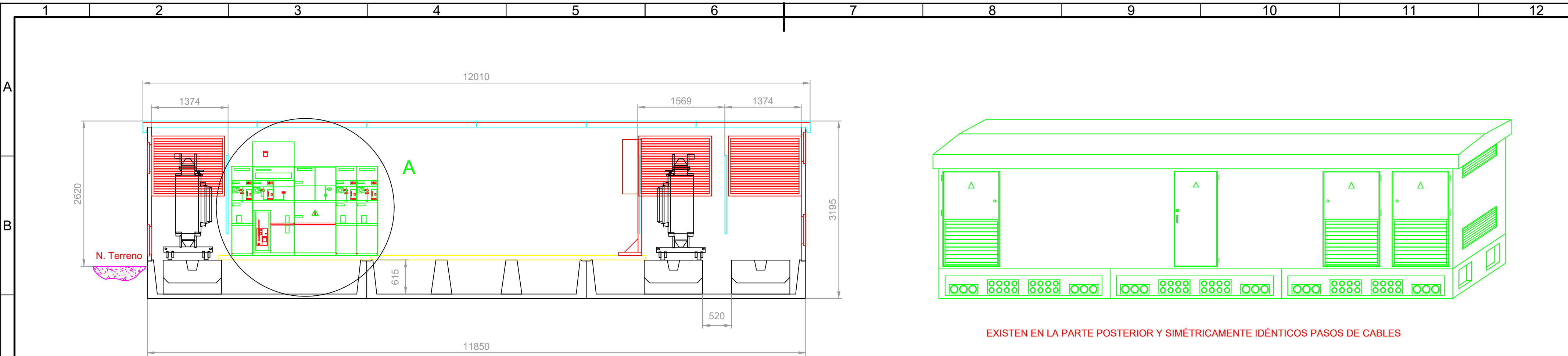


Condiciones que el cliente deberá cumplir con anterioridad a la instalación:

- Deberá existir un camino hasta la zona de ubicación del centro suficiente para el acceso de un camión de 24 toneladas (ancho del camino mayor de 3 metros)
- El lecho de arena de 150mm de espesor mínimo, será por cuenta del cliente y deberá estar realizado con anterioridad a la instalación del centro según se indica en el dibujo superior

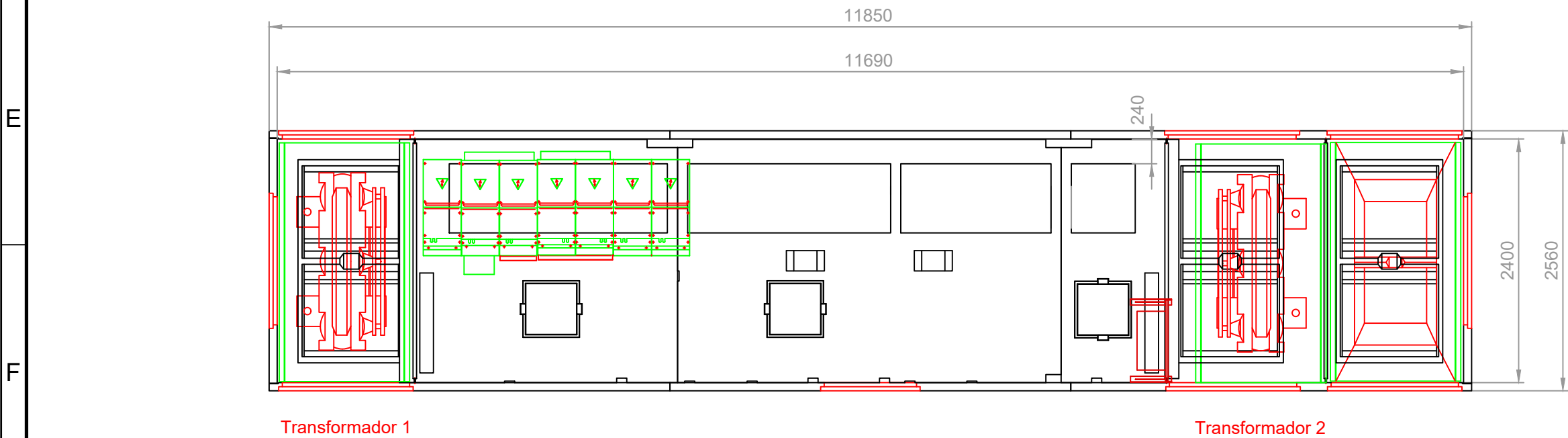
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA		TFG Nº: 770G02A219
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA		
TÍTULO DEL TFG:		
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: JUNIO - 2020
FOSO CENTRO SECCIONAMIENTO		ESCALA: 1:20
AUTOR:	FIRMA:	PLANO Nº: 09 / 18
PABLO MORGADE FERNÁNDEZ		





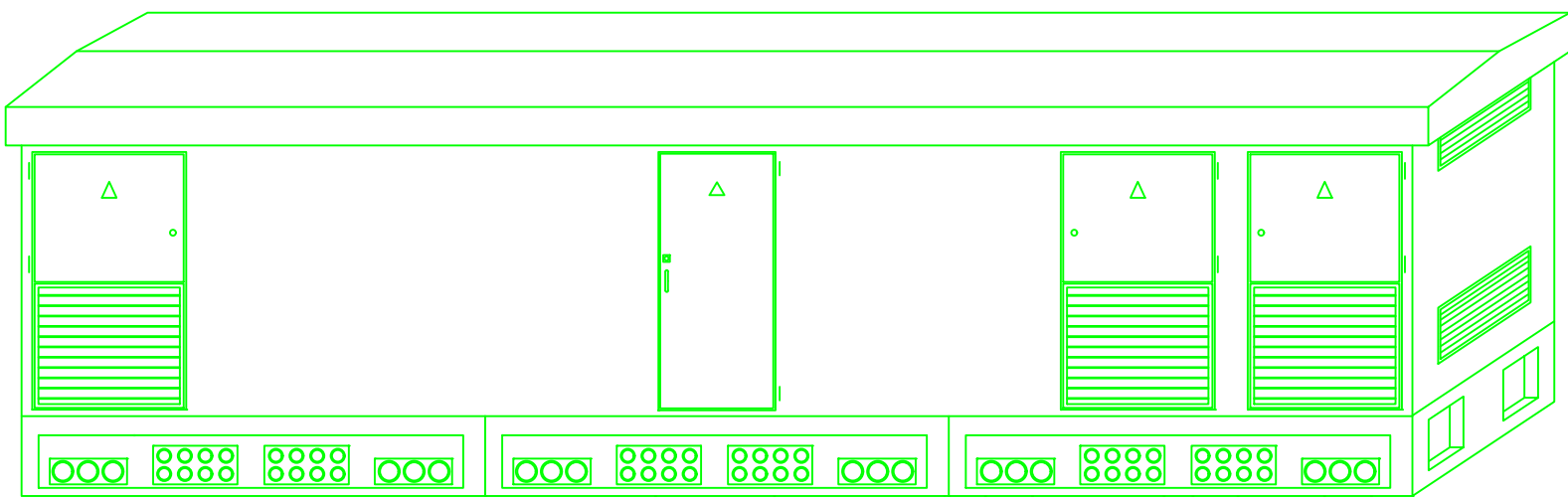
ALZADO

TRANSFORMADORES DEL 1 AL 8: 400Kva
Potencia nominal: 400Kva
Tensión nominal primaria: 20000V
Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%
Tensión nominal secundaria en vacío: 420V
Tensión de cortocircuito: 6%
Grupo de conexión: Dyn11

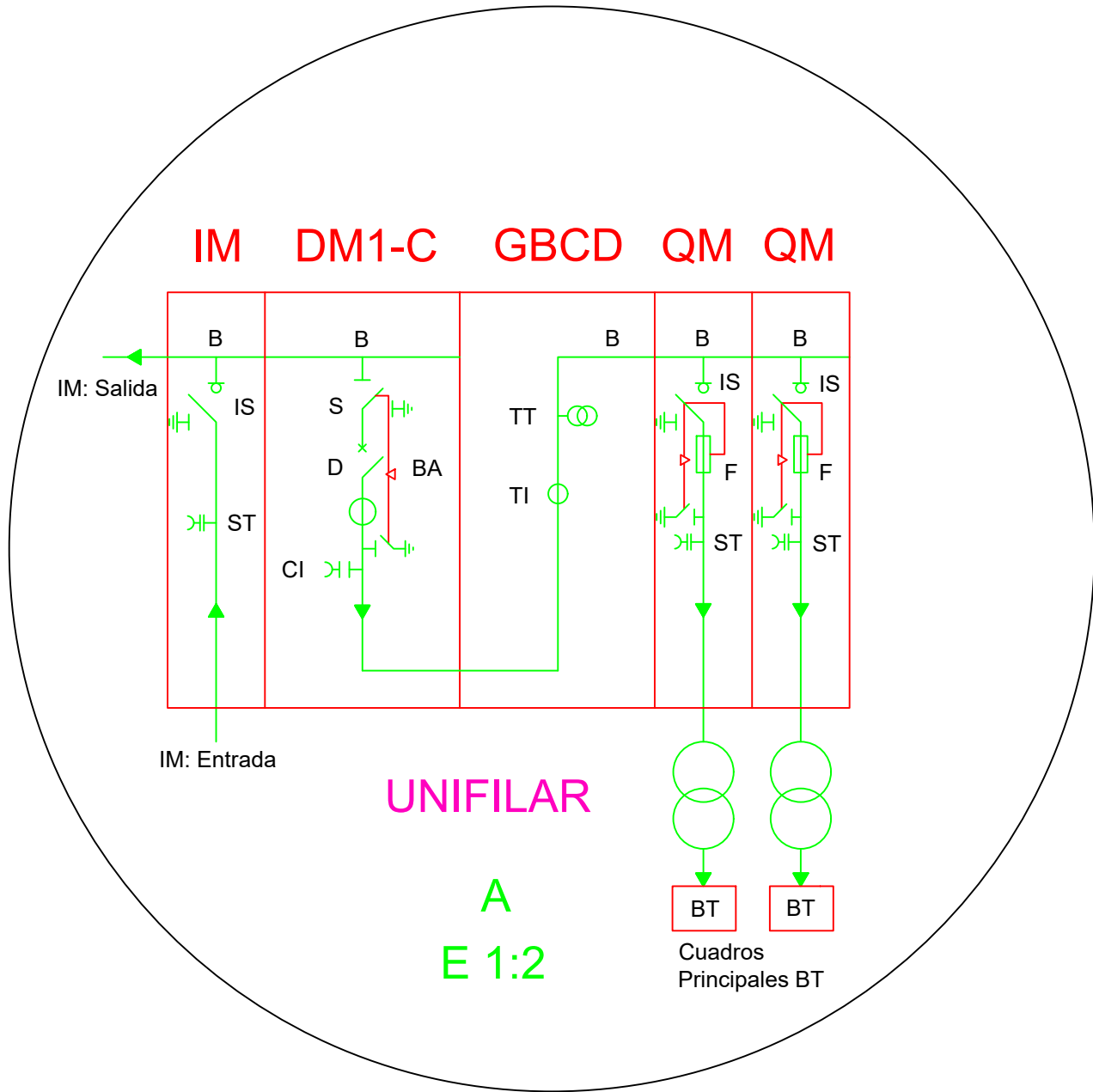


PLANTA

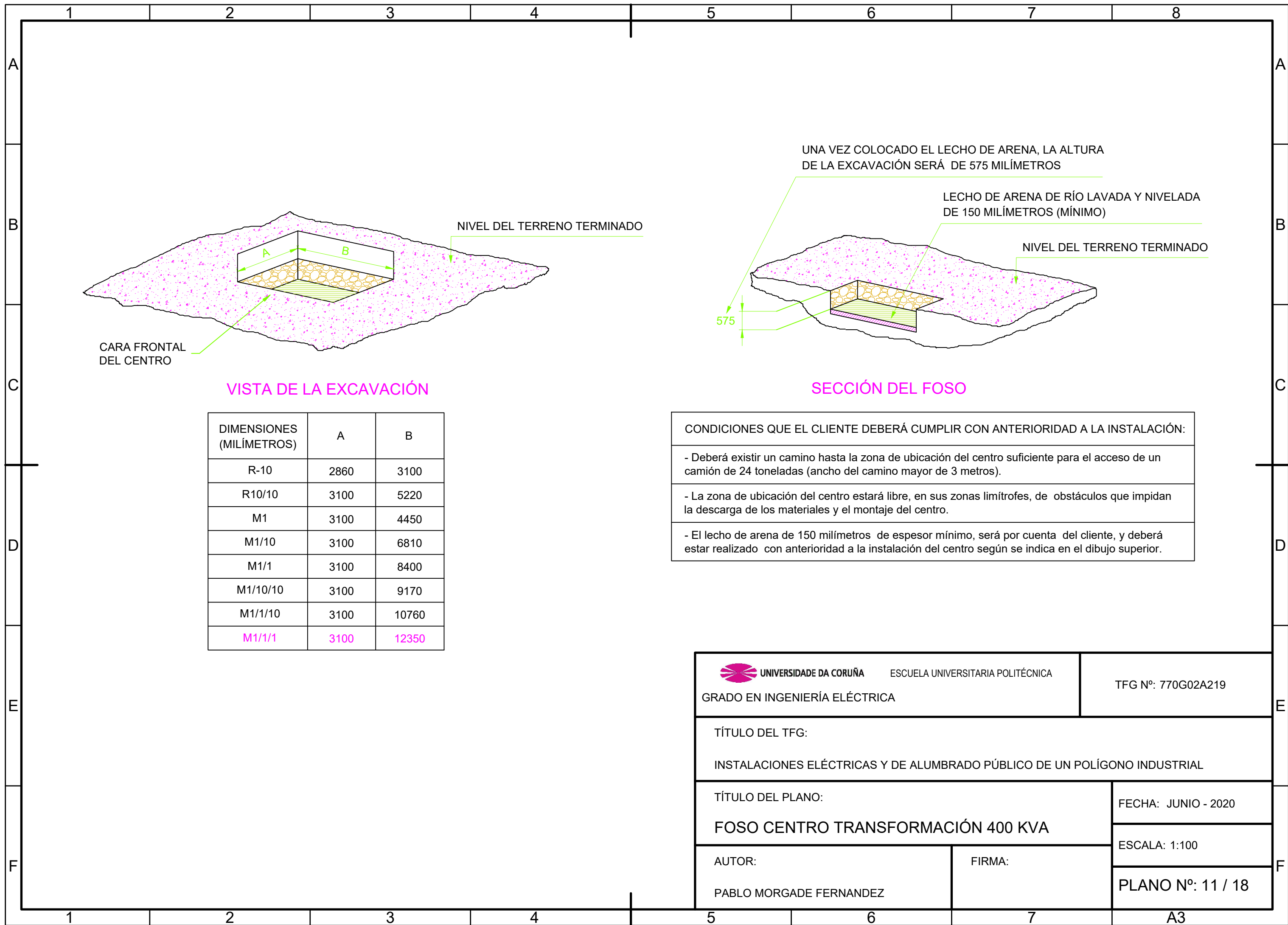
CARACTERÍSTICAS CELDAS SM6			
IM - Interruptor de línea	DM1C - Disyuntor	GBCD - Medida	QM - Ruptofusible
IS: Interruptor-seccionador en SF6 de 400A con mando CIT manual, Vn = 24Kv, Icc = 16KA	S: Seccionador en SF6 con mando CS1	TI: Tres transformadores de intensidad 12.5 - 25/5 A, Ith = 200 In, Vn = 24Kv	IS: Interruptor-seccionador en SF6 de 400A con mando CI1 manual, Vn = 24Kv, Icc = 16KA
ST: Seccionador de puesta a tierra en SF6	D: Disyuntor tipo SF1 400A en SF6 con mando RI manual, Vn = 24 Kv, Icc = 16KA	TT: Tres transformadores de tensión 22000/110 V, 50VA 3P, Vn = 24Kv	F: Tres fusibles con señalización de fusión, Vn = 24Kv, In = 25A
B: Juego de barras tripolar 400A	BA: Bobina de apertura para relé SEPAM	B: Juego de barras tripolar 400A, Vn = 24Kv, Icc = 16KA	B: Juego de barras tripolar 400A
Indicadores testigo presencia de tensión	CI: Captadores de intensidad		ST: Seccionador de puesta a tierra en SF6
	Kit de referencia JLJKITSEP1C/S20: cajón BT; relé SEPAM S20; eclavamientos		Indicadores presencia de tensión

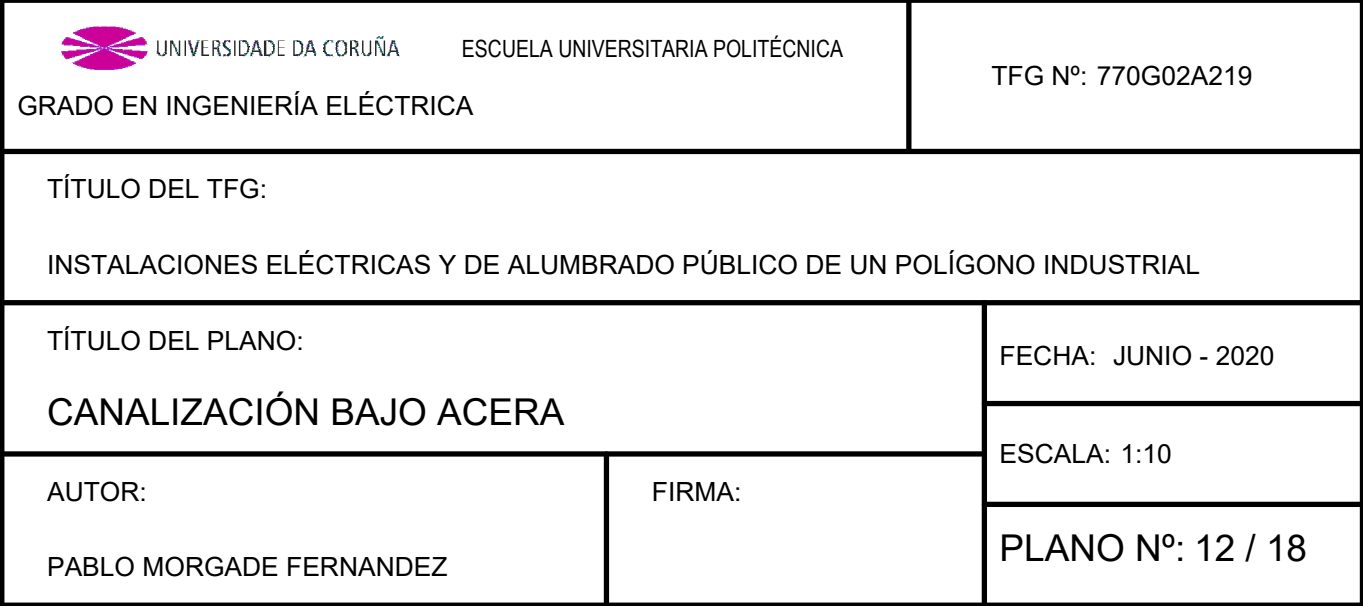


EXISTEN EN LA PARTE POSTERIOR Y SIMÉTRICAMENTE IDÉNTICOS PASOS DE CABLES



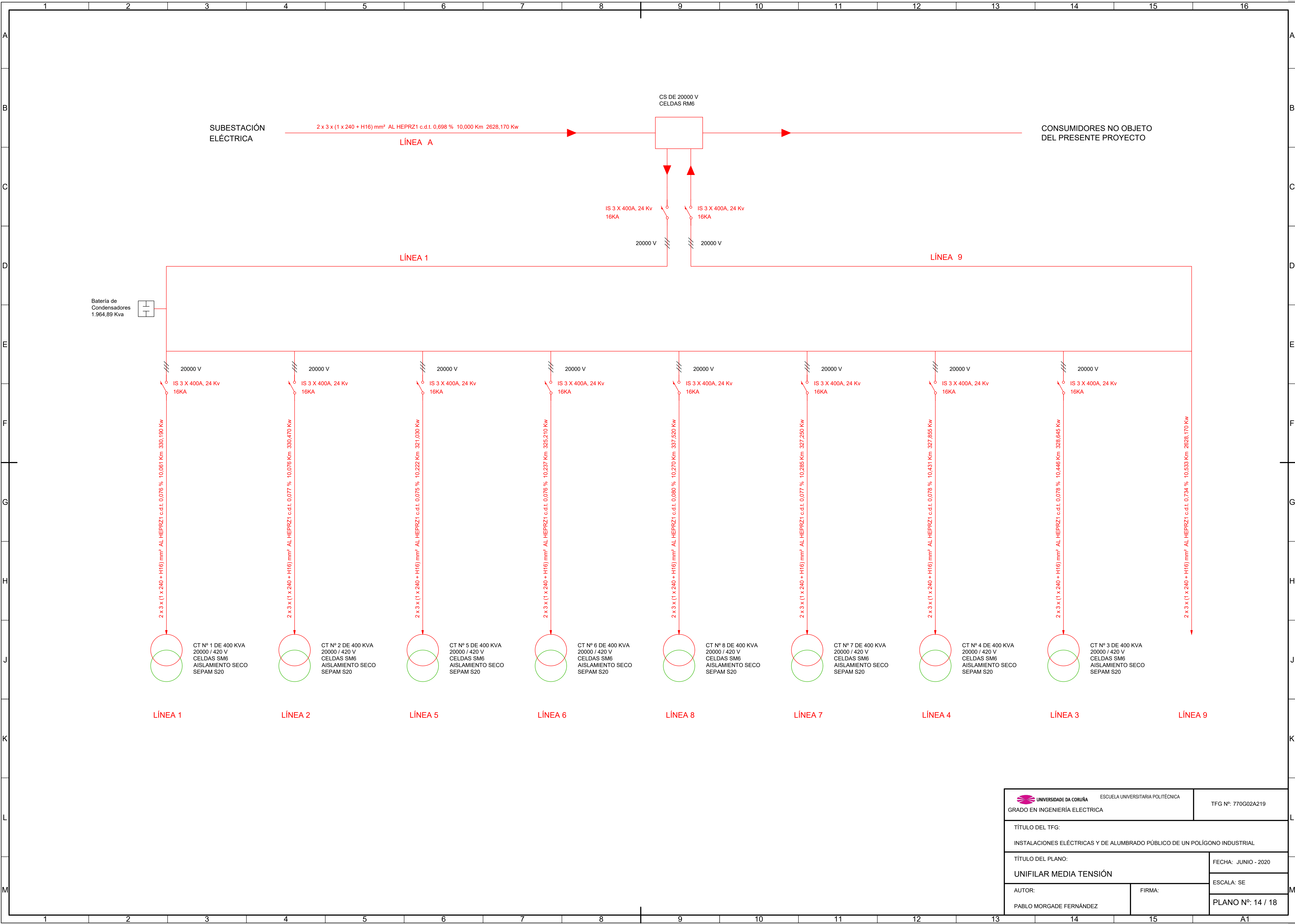
UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA		TFG Nº: 770G02A219
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA		
TÍTULO DEL TFG:		
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: JUNIO - 2020
CENTRO TRANSFORMACIÓN 400 KVA		ESCALA: 1:50
AUTOR:	FIRMA:	PLANO Nº: 10 / 18
PABLO MORGADE FERNÁNDEZ		

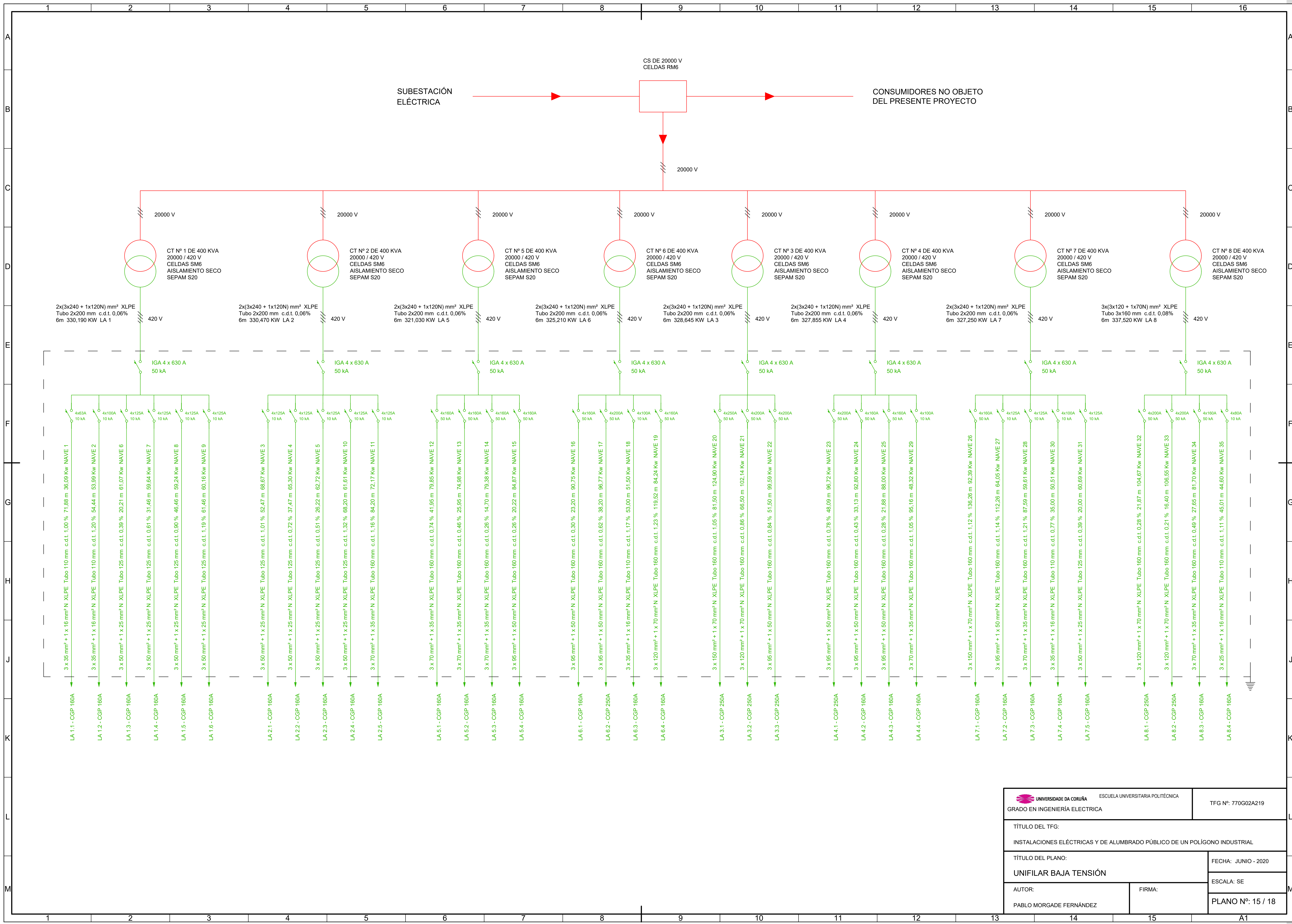




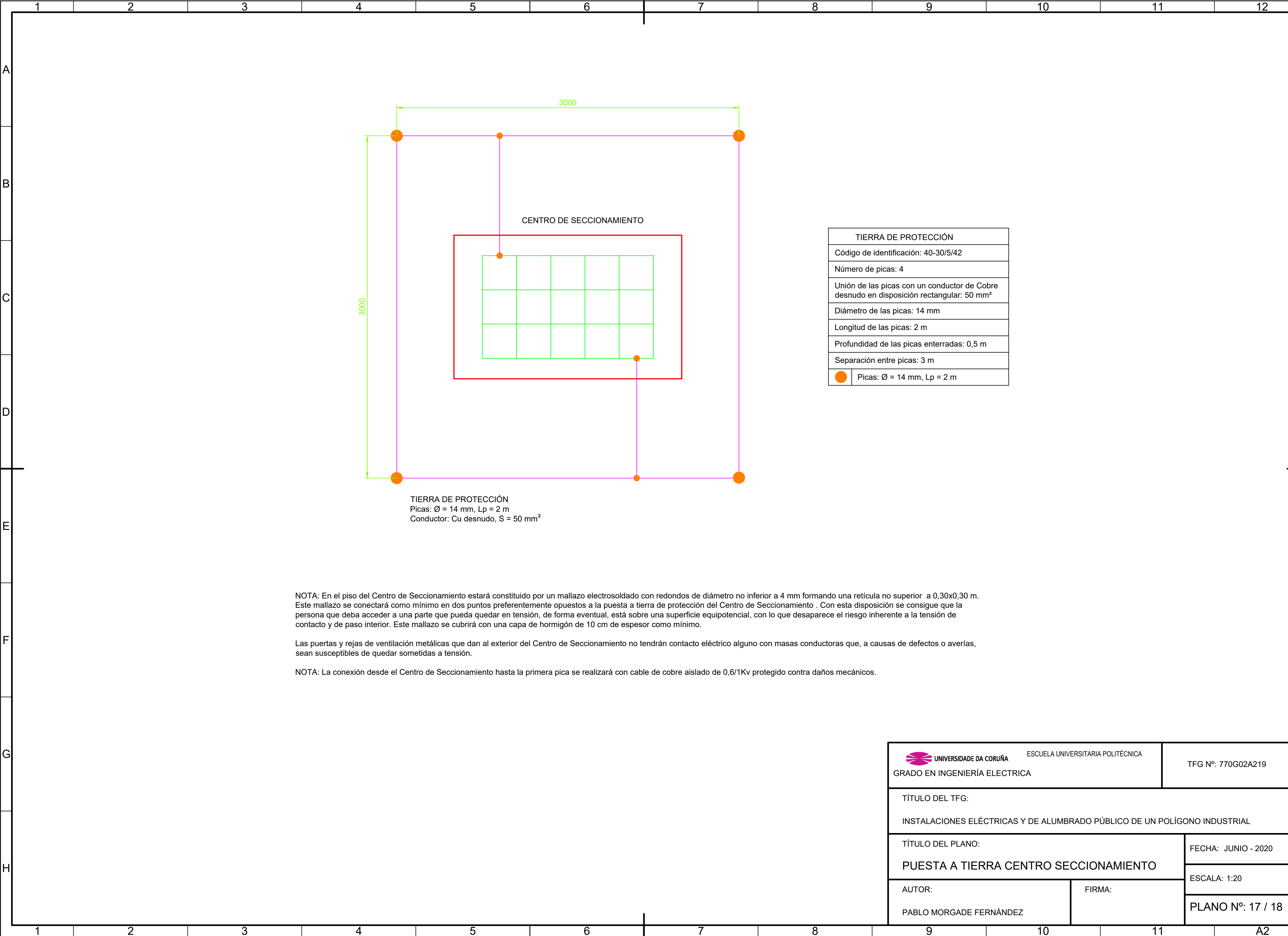


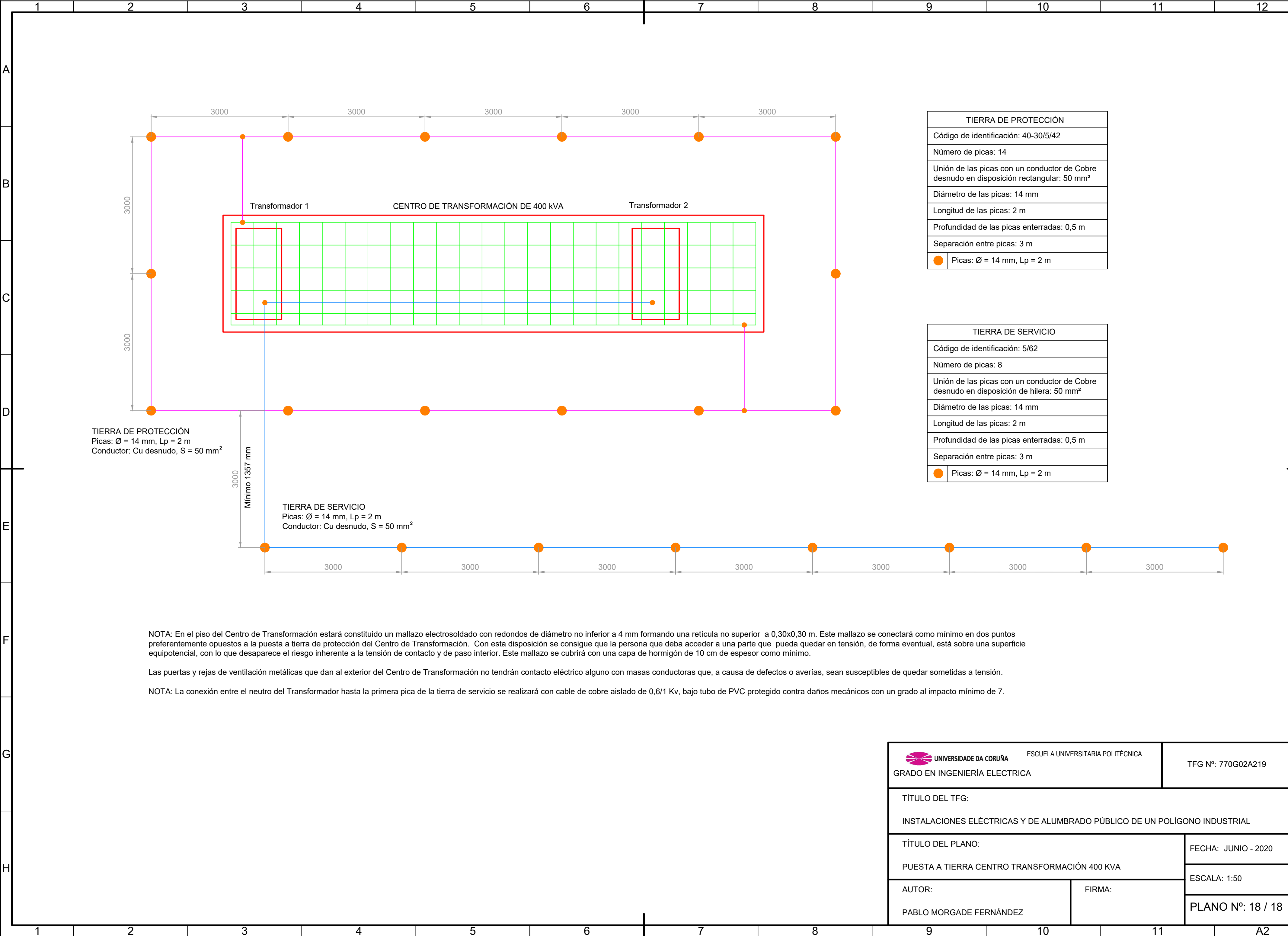













<div> UNIVERSIDADE DA CORUÑA</div> <div>ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA</div> <div>GRADO EN INGENIERÍA ELECTRICA</div>		TFG Nº: 770G02A219
TÍTULO DEL TFG:		
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: JUNIO - 2020
PUESTA A TIERRA CENTRO TRANSFORMACIÓN 400 KVA		ESCALA: 1:50
AUTOR:	FIRMA:	PLANO Nº: 18 / 18
PABLO MORGADE FERNÁNDEZ		

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES**

	Páginas
4 PLIEGO DE CONDICIONES .....	741
4.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	741
4.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS .....	766
4.2.1 Red de distribución en Media Tensión .....	766
4.2.2 Centro de Seccionamiento .....	787
4.2.3 Centro de Transformación .....	791
4.2.4 Red de distribución en Baja Tensión .....	799
4.2.5 Red de distribución en Alumbrado Público .....	818
4.3 PLIEGO DE CONDICIONES DEL PLAN DE CALIDAD .....	832



## **4 PLIEGO DE CONDICIONES**

El Pliego de Condiciones es uno de los documentos que constituyen el Proyecto y tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas, facultativas y legales para que el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

En el caso de proyectos administrativos es suficiente con establecer las condiciones técnicas.

El pliego de condiciones se define como el documento que especifica las condiciones técnico-facultativas para la ejecución de las obras, determinando con carácter general las obligaciones de las partes que intervienen en el proceso de ejecución del presente proyecto.

El pliego de condiciones generales define con un carácter genérico los aspectos de las obras y las relaciones habituales entre sus agentes.

Este pliego de condiciones tiene por objeto determinar las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las actividades de montaje de las instalaciones objeto del proyecto.

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la instalación, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles.

### **4.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

#### **❖ Objeto.**

El objeto del presente Pliego de condiciones es establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Las condiciones técnicas y operaciones para realizar que se indican no tienen carácter limitativo, teniendo que efectuar además de las indicadas todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

#### **❖ Seguridad en el trabajo.**

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, al amparo de la Ley 31/ 1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución.

En base al Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención con la correspondiente justificación técnica, en el que

se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato, sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud nombrado al efecto por el promotor, previo al inicio de las obras.

Además, se tendrá en cuenta la siguiente normativa:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Ley 31/ 1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/ 2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre en materia en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo por el que se modifican los RD 1627/1997 y RD 39/1997.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Estándar de Seguridad y Salud: Trabajos en baja tensión, Gas Natural Fenosa.

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.

- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Orden de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Además, todos los trabajos del presente proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación vigente, en materia de seguridad y salud en el trabajo, aplicable en el momento de ejecución de las obras.

#### ❖ **Gestión medioambiental.**

Se tendrá en cuenta la siguiente normativa:

- Ley 1/1995, de 2 de enero, de protección ambiental de Galicia.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Además, todos los trabajos del presente proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación vigente, en materia medioambiental, aplicable en el momento de ejecución de las obras.

#### ❖ **Códigos y normas.**

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición o revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de estas.

Entre ellas se tendrán en cuenta las siguientes:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden de 12 de diciembre de 1983 por la que se aprueba la norma tecnológica de la edificación NTE-IET «Instalaciones de Electricidad, Centros de Transformación».
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones particulares. Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de  $Un \leq 36$  kV, 27 septiembre 2018.
- Normas Particulares de UFD. Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Instalaciones de enlace de Baja Tensión, 8 septiembre 2011.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20 kV, 8 septiembre 2011.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de Baja Tensión, 2 septiembre 2011.
- Proyecto tipo de UFD. Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Seccionamiento en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- Proyecto tipo de UFD: Proyecto Tipo para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada y no prefabricada, 30 enero 2017.
- Normas UNE (Una Norma Española) e IEC (International Electrotechnical Commission) aplicables.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Disposiciones publicadas en el Boletín Oficial del Estado sobre documentos relativos al Código Técnico de la Edificación.
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firme", de la Instrucción de Carreteras.
- Orden circular 20/2006 sobre recepción de obras de carreteras que incluyan firmes y pavimentos.

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Orden FOM/510/2018, de 8 de mayo, por la que se modifica la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

Además, todos los trabajos del presente proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de las Instrucciones Técnicas del fabricante, aplicables a los equipos y componentes a instalar y correspondientes a almacenamiento, manipulación, montaje, ensayos y puesta en servicio.

Tendrá una consideración especial, el cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al contratista.

#### ❖ **Condiciones económicas y legales.**

##### • **Contrato.**

El contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la empresa contratante, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

El contrato, tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público, a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del Contratista los gastos que ello origine.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la empresa Contratante procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

Cuando por causas imputables al contratista, no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la empresa contratante podrá anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de estas la que se especifique en el pliego particular de condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

El contrato, será firmado por parte del contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

- **Domicilios y representaciones.**

El Contratista está obligado, antes de iniciarse las obras objeto del contrato, a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la empresa Contratante del lugar de ese domicilio.

Seguidamente a la notificación del contrato, la empresa contratante comunicará al Contratista su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como nombre de su representante.

Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el Contratista designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la empresa Contratante especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la empresa Contratante. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el Contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

El Contratista está obligado a presentar a la representación de la empresa Contratante antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

La designación del representante del Contratista, así como la del personal facultativo, responsable de la ejecución de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la empresa Contratante quien por motivo fundado podrá exigir el Contratista la remoción de su representante y la de cualquier facultativo responsable.

- **Obligaciones del contratista en materia social.**

El contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

En lo referente a las obligaciones del contratista en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

- El contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.
- A tal efecto el Contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifiquen con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del de la empresa Contratante y de terceros.
- La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones

El Plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que la empresa Contratante que prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del Contratista, y que se encuentran contenidas en las prescripciones de seguridad y primeros auxilios redactadas por UNESA.

El plan de seguridad, higiene y primeros auxilios deberá ser comunicado a la empresa contratante, en el plazo máximo que se señale en el Pliego de Condiciones particulares y en su defecto, en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato.

El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o paliación al plan previamente establecido, debido a la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la empresa Contratante.

Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del Contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite en modo alguno:

- La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
- El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como de los accesos a aquellos.



- Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y máquinas, almacenes, polvorines, etc., incluida las protecciones contra incendios.
- El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, y aireación deficiente, etc.
- El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias.

Asimismo, el Contratista debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad, formado por los representantes de las empresas.

El Comité de Seguridad tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El Contratista remitirá a la representación de la empresa Contratante, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar la dicha baja. Igualmente, remitirá copia a la Secretaría del Comité de Seguridad, previamente aprobadas por todos los representantes.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del Contratista o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él no implicará responsabilidad alguna para la empresa Contratante.

- **Rescisión del contrato.**

Cuando a juicio de la empresa Contratante, el incumplimiento por parte del Contratista de alguna de las cláusulas del Contrato pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la empresa Contratante podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar.

Así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

- Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta, o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el Contratista hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la empresa Contratante.
- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50 % del programa aprobado para la Obra característica.
- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20 % de presupuesto de Obra característica.

La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo no obligará a la empresa Contratante a la prórroga de este, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.

Será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista.  
  
En este caso, la empresa Contratante podrá optar por la resolución del Contrato, o porque se subroguen en el lugar del Contratista los síndicos de la quiebra, su causa habitante o sus representantes.
- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.

Si el Contratista es una agrupación temporal de empresas, la empresa Contratante estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato.

Si la empresa Contratante optara en ese momento por la rescisión, ésta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el Contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que, por causas ajenas al Contratista, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del Contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la obra, la empresa Contratante se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un Acta Notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el Contratista tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos.

Con este acto de la empresa Contratante el Contratista no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente.

Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al Contratista, este se obliga a dejar a disposición de la empresa Contratante hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la empresa Contratante estime necesario, pudiendo el Contratista retirar los restantes.

La empresa Contratante abonará por los medios, instalaciones y máquinas que decida deben continuar en obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del Contratista.

El Contratista se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la empresa Contratante o reconocer como obligación precedente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

La empresa Contratante comunicará al Contratista, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejará de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación, si el Contratista no se hubiese hecho cargo de ellos.

En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del Contratista los gastos de su traslado definitivo.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc., a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el Contratista hasta la fecha de la rescisión.

- **Certificación y abono de las obras.**

Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la reacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono. Corresponderá a la empresa Contratante en todo caso, la reacción de las certificaciones mensuales.

Las certificaciones y abonos de las obras no suponen aprobación ni recepción de estas. Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta y, en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

Si el Contratista rehusase firmar una certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de esta. La empresa Contratante considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de la certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

Terminado el plazo de diez días, señalado en el epígrafe anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente descompuestos, conforme a lo establecido en el presente Pliego.

La Dirección de Obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el Contratista.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el Contratista a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la empresa Contratante.

Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la empresa Contratante, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de Administración, aplicando los barremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el Contrato.

Las certificaciones por revisión de precios se redactarán independientemente de las certificaciones mensuales de obra ejecutada, ajustándose a las normas establecidas en el presente Pliego de Condiciones.

El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de esta. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del Contratista.

Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al Contratista, a petición escrita del mismo, intereses de demora. Estos intereses se devengarán por el periodo transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real de pago. Siendo el tipo de interés, el fijado por el Banco de España, como tipo de descuento comercial para ese periodo.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

- **Abono de materiales acopiados.**

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación.

Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados.

El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del Contratista.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la calidad y demás especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

- **Gastos por cuenta del contratista.**

Serán de cuenta del Contratista los gastos de replanteo, prueba, inspección y liquidación de estas, con arreglo a las disposiciones vigentes.

Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el Contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al contratista; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este en evitación de accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores; los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras; los de desviación de alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea necesario modificar para las instalaciones provisionales del contratista; los de construcción, conservación, limpieza retirada las instalaciones sanitarias provisionales y de limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra.

Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del Contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

Serán de cuenta del Contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños

que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

En los casos de resolución del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las actas notariales que sean necesarios levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la empresa Contratante o que le devuelva después de utilizados.

Serán también de cuenta del Contratista los gastos que se originen por inspección y vigilancia no facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

- **Gastos por cuenta de la empresa contratante.**

Serán por cuenta de la empresa contratante los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la empresa contratante o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, y el transporte de los materiales suministrados por la empresa contratante, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Así mismos, serán a cargo de la empresa contratante los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación propiedad de la empresa Contratante y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

- ❖ **Condiciones para la ejecución por contrata.**

Serán las que vengan reflejadas en la Especificación General para Contratación de la Obra Civil, Montaje de Subestaciones y resto de instalaciones eléctricas asociadas al presente proyecto y revisiones vigentes.

Además de las condiciones anteriormente indicadas, la contrata está obligada al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten, durante todo el tiempo que dure la ejecución de las obras hasta la recepción definitiva.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparo.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50 % del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de su obligación respecto al Contratante.

• **Condiciones facultativas legales.**

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre, por el que se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado.
- Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.



- Decreto de 12 marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía. (BOE 105, de 15-04-54).
- Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se modifican el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Orden de 18 de julio de 1978 por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-IEE/1978, "Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior".
- Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- Orden de 16 de mayo de 1989 por la que se modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Tomo I, Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto. Ministerio de Fomento.
- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado público. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid, marzo de 2001.
- Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Anexo II, Criterios Generales para la Redacción de un Proyecto de Alumbrado. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, mayo 2013.
- Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Instrucción Técnica Complementaria EA-02, Niveles de Iluminación. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, mayo 2013.
- Protocolo de auditoría energética de las Instalaciones de Alumbrado Exterior. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Octubre de 2008.
- Ley 31/ 1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Ley 54/ 2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre en materia en materia de coordinación de actividades empresariales.

- **Técnico director de obra.**

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación de este.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.

En supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Contratista, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.

- Suscribir el certificado final de la obra.

- **Contratista.**

Corresponde al Contratista:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada

dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria.

- **Seguridad en el trabajo.**

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

- **Seguridad pública.**

El Contratista dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta y se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación con el título de esta, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes

del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

#### ❖ **Organización del trabajo.**

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de estos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

##### • **Datos de la obra.**

Se entregará al Contratista dos copias de los Planos y un Pliego de Condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos. Se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, el Contratista, simultáneamente al levantamiento del Acta de Recepción Provisional, entregará planos actualizados de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos de los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones o variaciones en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de Obra.

##### • **Replanteo de la obra.**

Antes de comenzar las obras la Dirección Técnica hará el replanteo de estas, con especial atención a los puntos singulares, siendo obligación del Contratista la custodia y reposición de las señales que se establezcan en el replanteo.

Se levantará, por triplicado, Acta de Replanteo, firmada por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

El contratista establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos los replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

- **Facilidades para la inspección.**

El Contratista proporcionará al Director de Obra o delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso de todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

- **Mejoras y variaciones del proyecto.**

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o salvo que la Dirección de Obra, ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

- **Materiales y ensayos.**

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta, siendo éstos de primera calidad. La Dirección Técnica podrá rechazarlos si no reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motivara su empleo.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

- **Organización.**

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5 % de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

- **Ejecución de las obras.**

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista informará al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de las obras, así como de la procedencia de los materiales, y deberá cumplimentar cuantas órdenes le dé éste en relación con datos extremos.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el presente pliego de condiciones.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el presente pliego.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

La ejecución de las obras será confiada a personal cuyos conocimientos técnicos y prácticos les permita realizar el trabajo correctamente, debiendo tener al frente del mismo un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

- **Limpieza y seguridad de las obras.**

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

Antes de la Recepción provisional, la instalación y equipos asociados se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o exterior.

- **Plazo de ejecución.**

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

Se entiende por plazo parcial a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesarios para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista, tuvieran que ser suspendidos una vez empezados o no pudieran terminarse en los plazos prefijados, se concederá por el Director de Obra, la



prórroga estrictamente necesaria. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### ❖ **Preparación y programación de la obra.**

Inicialmente y antes de comenzar su ejecución, se harán las siguientes comprobaciones y reconocimientos:

- El contratista consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.
- Comprobar que se dispone de todos los permisos, tanto oficiales como particulares, para la ejecución de este (Licencia Municipal de apertura y cierre de zanjas, Condicionados de Organismos, etc.).
- El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.
- Hacer un reconocimiento, sobre el terreno, de todos los trazados. Se tendrá en cuenta la existencia de bocas de riego, servicios telefónicos, de agua, alumbrado público, etc. que normalmente se puedan apreciar por registros en vía pública.
- Una vez realizado dicho reconocimiento se establecerá contacto con los Servicios Técnicos de las Compañías Distribuidoras afectadas (Agua, Gas, Teléfonos, Energía Eléctrica, etc.), para que señalen sobre el plano de planta del proyecto, las instalaciones más próximas que puedan resultar afectadas.
- El Contratista, antes de empezar los trabajos de apertura de zanjas hará un estudio de la canalización, de acuerdo con las normas municipales, así como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos, etc.

Todos los elementos de protección y señalización los deberá tener dispuestos el contratista de la obra antes de dar comienzo a la misma.

#### ❖ **Disposición final.**

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## **4.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

Los componentes fundamentales del Centro de Seccionamiento, los Centros de Transformación, Alumbrado Público y todas las redes de instalaciones asociadas a la electrificación del polígono industrial están definidos en la Memoria Descriptiva y en los planos incluidos en el presente Proyecto.

La información se completa con la relación de materiales que figura en el Presupuesto.

Todos los materiales empleados, de cualquier tipo y clase, aún los no relacionados en este Pliego, deberán ser de primera calidad, teniendo libertad el contratista de proveerse de los mismos siempre y cuando no se encuentren especificados en el pliego.

Antes de la instalación, el contratista presentará a la Dirección Técnica los catálogos, cartas, muestras, etc., que ésta le solicite.

No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección Técnica.

Este control previo no constituye su recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica, aún después de colocados, si no cumpliesen con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por la contrata por otros que cumplan las calidades exigidas.

### **4.2.1 Red de distribución en Media Tensión**

#### **❖ Objeto y campo de aplicación.**

El presente pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de la Red de distribución en Media Tensión, para UFD, especificadas en el proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.

Este pliego de condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV.

Los Pliegos de Condiciones Particulares podrán modificar las prescripciones generales.

#### **❖ Aseguramiento de la calidad.**

Durante el diseño y la ejecución de la línea, las disposiciones de aseguramiento de la calidad deben seguir los principios descritos en la norma UNE-EN ISO 9001.

Los sistemas y procedimientos, que el proyectista y/o contratista de la instalación utilizarán, para garantizar que los trabajos del proyecto cumplan con los requisitos de este, deben ser definidos en el plan de calidad del proyectista y/o del contratista de la instalación para los trabajos del proyecto.

Cada plan de calidad debe presentar las actividades en una secuencia lógica, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Una descripción del trabajo propuesto y del orden del programa.
- La estructura de la organización para el contrato, así como la oficina principal y cualquier otro centro responsable de una parte del trabajo.
- Las obligaciones y responsabilidades asignadas al personal de control de calidad del trabajo.
- Puntos de control de la ejecución y notificación.
- Presentación de los documentos de ingeniería requeridos por las especificaciones del proyecto.
- La inspección de los materiales y sus componentes a su recepción.
- La referencia a los procedimientos de aseguramiento de la calidad para cada actividad.
- Inspección durante la fabricación / construcción.
- Inspección final y ensayos.

#### ❖ **Ejecución del trabajo.**

La ejecución de los trabajos corresponderá a las empresas instaladoras autorizadas de la categoría LAT1, según lo establecido en la ITC-LAT 03.

#### ● **Trazado.**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos.

Los trazados por zonas rurales que no discurran por vías públicas o paralelos a ellas se señalarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán cada 50 metros en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se contactará con las empresas de servicio público y con las posibles propietarias de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada.

Una vez conocidas, antes de proceder a la apertura de las zanjas, el contratista abrirá calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de equipos de detección que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva, este será de 15 D, siendo D el diámetro exterior del cable.

- **Apertura de zanjas.**

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

A juicio del técnico responsable de seguridad de la obra, se procederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado.

La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3 m alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se práctica una mina o galería por la que se pase el cable.

Las dimensiones y número de tubos de las zanjas con cables entubados, donde R significa tubo de reserva, serán las que se muestran en la siguiente tabla:

Canalización	Ancho (cm)	Profundidad (cm)			
		80	100	120	140
BAJO ACERA	20	1	2	-----	-----
	40	2	4	6	-----
	60	-----	-----	9	-----
A BORDE DE LA CALZADA	40	-----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
CRUCE DE CALZADA	40	-----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
	60	-----	-----	-----	8 + 1 R

Tabla 4.2.1.1 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

Para cables directamente enterrados en zanjas las dimensiones y número de ternas serán las que se muestran en la siguiente tabla:

Profundidad (cm)	Ancho (cm)	Número de ternas
80	20	1
	60	2

Tabla 4.2.1.2 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas

En el caso de que ninguna de las ternas vaya entubada, la separación entre dos líneas de cables será como mínimo de 25 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia.

- **Canalización.**

Los cruces de vías (calzadas) públicas o privadas se realizarán con tubos normalizados ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta; estarán hormigonados en toda su longitud.
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con espuma de polietileno expandido.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones un tubo de reserva.
- Se debe evitar posible acumulación de agua o gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación con el perfil altimétrico.

Los cables aislados subterráneos de Media Tensión podrán canalizarse de las siguientes formas:

- **Cables entubados en zanjas.**

Deberá emplearse en lo posible este tipo de canalización, utilizándose principalmente en:

- Canalización a borde de calzada, cruce de vías (calzadas) públicas y privadas, paso de carruajes y bajo acera.
- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas lo exijan.
- Sectores urbanos donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.
- En los cruces con el resto de los servicios habituales en el subsuelo se guardará una prudencial distancia frente a futuras intervenciones, y cuando puedan existir injerencias de servicio, como es el caso de otros cables eléctricos, conducciones de aguas residuales por el peligro de filtraciones, etc., es conveniente la colocación para el cruzamiento de un tramo de tubular de como mínimo de 2 m.

Los tubos normalizados, según la Norma UNE-EN 50086, para estas canalizaciones serán de polietileno de alta densidad de color rojo de 6 metros de longitud y 160 mm de diámetro, con una resistencia a la compresión de 450 N y una resistencia al impacto de 40 J.

Dichos tubos irán siempre acompañados de un tubo de polietileno de alta densidad de color verde de 125 mm de diámetro para la posible instalación de cables de telecomunicaciones según la Norma UNE-EN 50086-2-4.

Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor.

A continuación, se cubrirán los tubos y se realizará el compactado mecánico, empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%, teniendo en cuenta que el tubo verde de comunicaciones irá situado por encima a 4 cm aproximadamente.

En todo momento la profundidad mínima a la parte superior de la terna más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada.

En los cruzamientos de calzadas y ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido y se situarán sobre una capa de 4 cm de espesor.

A continuación, se colocará el tubo verde de comunicaciones a 4 cm de la parte superior del tubo asegurando que este quede cubierto con una capa de cómo mínimo 4 cm de hormigón.

Para hacer frente a los movimientos derivados de los ciclos térmicos del cable, es conveniente inmovilizarlo dentro de los tubos mediante la inyección de unas mezclas o aglomerados especiales que, cumpliendo esta misión, puedan eliminarse, en caso necesario, con chorro de agua ligera a presión.

No es recomendable que el hormigón del bloqueo llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso debe intercalarse entre uno y otro una capa de tierra con las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%.

Al construir la canalización con tubos (tanto para los cables como para comunicaciones), se dejarán unas guías en el interior que faciliten posteriormente el tendido de los cables.

- **Cables directamente enterrados en zanjas.**

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los cables, cubriendo los cables irá otra capa de arena de 10 cm y sobre ella irá siempre un tributo de polietileno de alta densidad de color verde de 40 mm de diámetro con la función de protección de los cables y posible instalación de cables de telecomunicaciones.

Se colocará un tributo para el caso de una terna y dos para el caso de dos ternas directamente enterradas.

Se dejarán tres guías en el tributo para la canalización de los cables de telecomunicaciones.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario.

Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

A continuación, se realizará el compactado mecánico, para conseguir un próctor del 95%.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

En todo momento la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo será de 60 cm, excepción hecha en el caso en que se atravesen terrenos rocosos, en cuyo caso los cables irán entubados. Los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

○ **Cables al aire, alojados en galerías visitables.**

Este tipo de canalización se evitará en lo posible, utilizándose únicamente en el caso en que el número de conducciones sea tal que justifique la realización de galerías; o en los casos especiales en que no se puedan utilizar las canalizaciones anteriores.

Cuando la canalización se realice a lo largo de galerías, se tenderá preferentemente cable no propagador de incendio RHZ1-2OL(AS)12/20 kV 1x240 mm<sup>2</sup> KAL+H16.

En el primer tramo interior de salida de subestación, el cable será preferentemente no propagador de la llama RHZ1-2OL(S) 12/20 kV 1x240 mm<sup>2</sup> KAL+H16. Ambos de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

- Limitación de servicios existentes.

No se instalarán cables eléctricos en galerías donde existan conducciones de gases o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

- Condiciones generales.

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales.



En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería quedarán cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida del personal que esté en su interior. Deberán disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y así, contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.

Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

- Galerías de longitud superior a 400 metros.

Cuando la longitud de la galería visitable sea superior a 400 m, además de los requisitos anteriores, dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm.), de accesos de personal cada 400 m como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias, tabiques de sectorización contra incendios (RF 120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 m como máximo.

- Disposición e identificación de los cables.

En la medida de lo posible, se dispondrán los cables de distintos servicios y propietarios sobre soportes diferentes y se mantendrá entre ellos distancias tales que permitan su correcta instalación y mantenimiento.

Dentro de un mismo servicio se procurará agrupar los cables por niveles de tensión (por ejemplo, agrupando los cables de MT en el lado opuesto de los de AT).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás.

Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la propiedad de la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

- Sujeción de los cables.

Los cables deberán ir fijados a las paredes de la galería mediante soportes tipo ménsula o palomillas y asegurados con bridas de manera que los esfuerzos térmicos y termodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de la Red, no puedan moverlos o deformarlos.

Asimismo, los circuitos de cables dispondrán de sujeciones que mantengan juntas entre sí las tres fases.

- Equipotencialidad de masas metálicas accesibles.

Todos los elementos para sujeción de los cables (soportes tipo ménsula, palomillas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

- **Puntos de acceso.**

Se emplearán los puntos de acceso en zonas urbanas, donde frecuentemente se producen coincidencias de varias líneas en la misma canalización y existen otros servicios próximos.

Los puntos de acceso se construirán de obra civil o prefabricado de hormigón de acuerdo con los planos del documento n° 4 del Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20kV de UFD (planos).

Se colocarán puntos de acceso en todos los empalmes de la red, para facilitar así su reparación en caso de avería.

En los puntos de acceso los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido.

Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con espuma de polietileno expandido de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo.

La situación de los tubos en el punto de acceso será la que permita el máximo radio de curvatura.

Los puntos de acceso serán sin fondo para que la base sea totalmente permeable y tendrán un pre-roto que llegue hasta la base de los puntos de acceso para poder ser adaptado a canalizaciones existentes.

Se rellenarán con arena hasta cubrir como mínimo el cable.

En el suelo o las paredes laterales se situarán puntos de apoyo de los cables y empalmes, mediante tacos o ménsulas.

Los puntos de acceso serán registrables.

Deberán tener tapas metálicas de fundición provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. Permitiendo acceso a personal para ayuda y observación del tendido y la colocación de rodillos a la entrada y salida de los tubos.

Estos rodillos, se colocarán tan elevados respecto al tubo, como lo permita el diámetro del cable, a fin de evitar el máximo rozamiento contra él.

Los puntos de acceso, una vez abiertos, tienen que respetar las medidas de seguridad, disponiendo barreras y letreros de aviso.

No es recomendable entrar en los accesos recién abiertos, aconsejándose dejar transcurrir 15 minutos después de abiertos, con el fin de evitar posibles intoxicaciones de gases.

- **Paralelismos.**

Los cables subterráneos de MT deberán cumplir las siguientes condiciones, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

- **Otros cables de energía eléctrica.**

Los cables de MT podrán instalarse paralelamente a otros de BT o AT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 25 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Cables de telecomunicación.**

En el caso de paralelismos entre cables MT y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí.

Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 20 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de agua.**

Los cables de MT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel de los cables eléctricos.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

○ **Canalizaciones de gas.**

Deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la Tabla 4.2.1.3.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,20 m	0,10 m

Tabla 4.2.1.3 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas

(\*) Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

○ **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería.

Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación.

Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

Los cables se instalarán separados de las conducciones de alcantarillado bajo tubo a una distancia no inferior a 20 cm.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las conducciones de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción de alcantarillado bajo tubo quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de conducción de alcantarillado bajo tubo se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- **Cruzamientos con vías de comunicación.**

- **Calzadas (Calles y carreteras).**

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm.

Los tubos serán normalizados según el apartado cables entubados en zanjas y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular a la calzada.

- **Ferrocarriles.**

En los cruzamientos con ferrocarriles, los cables deberán ir entubados y la parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 m respecto de la cara inferior de la traviesa, rebasando las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Los tubos serán normalizados según apartado cables entubados en zanjas y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril y perpendiculares a la vía siempre que sea posible.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, calzadas con gran densidad de circulación, etc.) pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena.

En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

- **Cruzamientos con otros servicios.**

- **Otros cables de energía eléctrica.**

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de MT discurren por debajo de los de BT.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica será de 25 cm.

La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Con cables de telecomunicación.**

La separación mínima entre los cables de MT y los de telecomunicación será de 25 cm.

La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable MT como del cable de telecomunicación será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de agua.**

En los cruzamientos de cables con conducciones de agua se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de gas.**

En los cruces de cables con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la Tabla 4.2.1.4.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de gas o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,20 m	0,10 m

Tabla 4.2.1.4 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas

(\*) Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

○ **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería.

Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación.

Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

En los cruzamientos de cables con conducciones de alcantarillado bajo tubo se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Depósitos de carburantes.**

Los cables se dispondrán separados mediante tubos normalizados según el apartado cables entubados en zanjas, los cuales distarán como mínimo 1,20 m del depósito.

Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 m por cada extremo.

- **Acometidas.**

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y las canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzca en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 30 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

- **Transporte de bobinas de cables.**

Las bobinas serán de madera y deberán ajustarse a la Norma UNE 21167-1.

En todas las bobinas, el cable deberá ir debidamente protegido. Se prohíbe el uso para ello de duelas de madera.

El sistema por utilizar para asegurar la adecuada protección del cable debe ser previamente autorizado por UFD.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando las bobinas se colocan llenas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y duros con un total de largo que cubra totalmente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas.

Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad.



Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de la bobina, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tablones de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando las bobinas deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que las bobinas queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

- **Tendido de cables.**

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido.

En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente.

La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido.

El radio de curvatura una vez instalado será de  $15D$ , siendo  $D$  el diámetro exterior del cable.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabestrantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante de este.

Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales.

Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido.

Siendo la cifra mínima recomendada de un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se una el cable.

Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicho cable, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones.

Si por cualquier circunstancia se precisa ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollándose cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o se exponen a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada.

Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento.

El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable.

El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando no haya obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de 10 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En el caso de canalización entubada el lecho de arena será de 4 cm.

Si el cable se instalara directamente enterrado, no se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena, sobre ella irá siempre un tributo de polietileno de alta densidad de 40 mm de diámetro cubriendo la proyección del cable.

En el caso de cables entubados, el tubo verde de 125 mm para comunicaciones deberá colocarse de manera que quede lo más desplazado a uno de los lados de la zanja, para facilitar las tareas de mantenimiento y el acceso a los cables en los puntos de acceso.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de estos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Nunca se pasarán dos circuitos trifásicos por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable los tubos se obturarán en los extremos con espuma de poliuretano expandida e igualmente se aplicará la obturación a los tubos de reserva.

En el caso de utilizar otra tecnología de tendido, esta deberá ser expresamente aprobada.

- **Protección mecánica.**

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

Para ello se colocará un tributo de polietileno de alta densidad verde de 40 mm de diámetro a lo largo de la longitud de la canalización, cuando ésta no esté entubada.

- **Señalización.**

Como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización, se colocará también una cinta de señalización para el caso de cables directamente enterrados y una o dos (para el caso de 9 tubos) para el caso de cables entubados.

La cinta de señalización será de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables.

Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm en el caso de cables entubados y 10 cm al suelo en el caso de los cables directamente enterrados.

En ambos casos quedará como mínimo a 25 cm de la parte superior de los cables o tubos.

El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno.

La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo S 0580-Y20R de acuerdo con la Norma UNE 48103.

El ancho de la cinta de polietileno será de  $150 \pm 5$  mm y su espesor será de  $0,1 \pm 0,01$  mm.

- **Cierre de zanjas.**

Una vez colocadas al cable las protecciones y señalizaciones indicadas anteriormente, se rellenará toda la zanja con el tipo de tierra y en las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%. Procurando que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección estén exentas de piedras o cascotes.

De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes pueden elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos autorizados de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

- **Reposición de pavimentos.**

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de estos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

- **Puesta a tierra.**

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea.

En el caso de líneas de longitud superior a 10 Km, será necesario conectar a tierra las pantallas en un empalme intermedio.

Se mantendrá una distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables.

**❖ Materiales.**

Los materiales empleados en la canalización serán aportados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

**• Cables.**

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

Los conductores deberán estar de acuerdo con la Norma UNE – EN 60228.

Los cables llevarán una marca indeleble que identifique claramente:

- Nombre del Fabricante y Fábrica.
- Designación completa del cable.
- Año de fabricación (por medio de las dos últimas cifras).
- UF, para indicar que cumple esta especificación.
- Metraje

La marca podrá realizarse por grabado o relieve sobre la cubierta.

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

**❖ Recepción de obra.**

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra y se podrán solicitar todos los ensayos a las instalaciones que se consideren oportunos.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

#### 4.2.2 Centro de Seccionamiento

##### ❖ Calidad de los materiales.

##### • Obra Civil.

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo ECS-24.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU-6618-A.

##### • Aparamenta de Alta Tensión.

La aparamenta de AT estará constituida por conjuntos compactos serie RM6 de Schneider Electric, equipados con dicha aparamenta, bajo envolvente única metálica, para una tensión admisible de 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE-EN ISO 90-3.
- UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102.
- UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200.
- UNE-EN 62271-105.
- IEC 62271-103.
- UNE-EN 62271-102.

- UNESA Recomendación 6407 B.

### **1) Características constructivas.**

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre. Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una sobrepresión de 0,1 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida.

En la parte posterior se dispondrá de una membrana que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que se puedan producir, sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

El dispositivo de control de aislamiento de los cables será accesible, fase por fase, después de la puesta a tierra y sin necesidad de desconectar los cables.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candado existentes en cada uno de los ejes de accionamiento.

En caso de avería en un elemento mecánico se deberá poder retirar el conjunto de mandos averiado y ser sustituido por otro en breve tiempo, y sin necesidad de efectuar trabajos sobre el elemento activo del interruptor, así como realizar la motorización de las funciones de entrada/salida con el centro en servicio.

### **2) Características eléctricas.**

- a) Tensión nominal: 24 kV.
- b) Nivel de aislamiento:
  - a la frecuencia industrial de 50 Hz, 1 minuto: 50 kV eficaces.
  - a impulsos tipo rayo: 125 kV cresta.
- c) Intensidad nominal funciones línea: 400 A.
- d) Intensidad nominal otras funciones: 200 A.
- e) Intensidad de corta duración admisible, 1 segundo: 16 kA eficaces.

### **3) Interruptores.**

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), a fin de asegurar la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y el seccionador de puesta a tierra.

La apertura y cierre de los polos será simultánea, debiendo ser la tolerancia de cierre inferior a 10 ms.



Los contactos móviles de puesta a tierra serán visibles a través de visores, cuando el aparato ocupe la posición de puesto a tierra.

El interruptor deberá ser capaz de soportar al 100% de su intensidad nominal más de 100 maniobras de cierre y apertura, correspondiendo a la categoría B según la norma UNE-EN 60265.

En servicio, se deberán cumplir las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal sobre transformador en vacío: 16 A.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 30 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA.

#### **4) Cortacircuitos-fusibles.**

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo Anexo 3 en el apartado de cálculos.

Los fusibles cumplirán la norma DIN 43-625 y la RU 6407-A y se instarán en tres compartimentos individuales, estancos y metalizados, con dispositivo de puesta a tierra por su parte superior e inferior.

#### **❖ Normas de ejecución de las instalaciones.**

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Unión Fenosa Distribución (UFD SA).

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

#### **❖ Pruebas reglamentarias.**

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

❖ **Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.**

Cualquier trabajo u operación para realizar en el centro (uso, maniobras, mantenimiento, mediciones, ensayos y verificaciones) se realizarán conforme a las disposiciones generales indicadas en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

• **Prevenciones generales.**

- 1) Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado de este se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- 2) Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "peligro de muerte".
- 3) En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro, como banqueta, guantes, etc.
- 4) No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- 5) No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- 6) Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- 7) En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario.

También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro, para su inspección y aprobación, en su caso.

• **Prevenciones especiales.**

- 1) Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra.

Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

**❖ Certificados y documentación.**

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora, UFD.

**❖ Libro de órdenes.**

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

**4.2.3 Centro de Transformación****❖ Calidad de los materiales.****• Obra Civil.**

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo M111CT3.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del Edificio Prefabricado, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el Fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberá disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura.

Todas las piezas contiguas estarán unidas eléctricamente entre sí.

La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU-6618-A.

- **Aparamenta de Alta Tensión.**

Las celdas para emplear serán de la serie SM6 de Schneider Electric, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 2X / IK08 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

### **1) Características constructivas.**

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos que se describen a continuación:

a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF<sub>6</sub> y sellado de por vida según se define en UNE-EN 62271-200.

El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF<sub>6</sub>, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza Allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mandos.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.

- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

- e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

## **2) Características eléctricas.**

- a) Tensión nominal: 24 kV.

- b) Nivel de aislamiento:

- a la frecuencia industrial de 50 Hz, 1 minuto: 50 kV eficaces.
- a impulsos tipo rayo: 125 kV cresta.

- c) Intensidad nominal funciones línea: 400 - 630 A.

- d) Intensidad nominal otras funciones: 200 / 400 A.

- e) Intensidad de corta duración admisible, 1 segundo: 16 kA eficaces.

## **3) Interruptores-seccionadores.**

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal de transformador en vacío: 16 A.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA eficaces.

## **4) Cortacircuitos-fusibles.**

En el caso de utilizar protección ruptorfusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo Anexo 4 en el apartado de cálculos.

Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN 43-625.

## **5) Puesta a tierra.**

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm. Conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

- **Transformadores.**

Los transformadores para instalar serán trifásicos, con neutro accesible en BT, refrigeración natural, encapsulado en resina epoxi, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

- **Equipos de Medida.**

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de AT y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificadas en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de AT guardado las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda.

En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

### **1) Contadores.**

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

### **2) Cableado.**

La conexión de los secundarios de los transformadores de medida a los dispositivos de comprobación ubicados en el armario de contadores se realizará con cable flexible unipolar, de cobre, con aislamiento termoplástico, sin solución de continuidad entre los dos extremos.

Los cables serán de aislamiento en PVC 0,6/1 kV con designación VV 0,6/1 kV 1 x 6. La sección de éstos será de 6 mm<sup>2</sup> hasta una distancia entre extremos de 20 m.

Los cables transcurrirán por dos tubos rígidos preferentemente de acero sin soldadura tamaño PG29 uno para circuitos de intensidad y el otro para las tensiones. En tramos cortos se podrá utilizar tubo flexible de acero.

Para asegurar la conexión de los conductores a los bornes de los secundarios los transformadores de medida y a los dispositivos de comprobación, se utilizarán terminales metálicos, debidamente montados para garantizar su contacto eléctrico y sin alterar sensiblemente la resistencia eléctrica del conductor.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora, UFD.

- **Batería de condensadores.**

Se efectuará el montaje del soporte metálico, colocación y fijación de los módulos de la batería sobre el soporte.

Se efectuará el montaje de los embarrados y derivaciones.

Se realizarán mediciones de las series con todos sus elementos, y eliminando elementos hasta que la sobretensión a que queda sometida sea del 10 %.

En la puesta en servicio, se vigilará la corriente residual entre los neutros para detectar el desequilibrio.

- ❖ **Normas de ejecución de las instalaciones.**

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Unión Fenosa Distribución (UFD SA).

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

- ❖ **Pruebas reglamentarias.**

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.



- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

❖ **Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.**

Cualquier trabajo u operación para realizar en el centro (uso, maniobras, mantenimiento, mediciones, ensayos y verificaciones) se realizarán conforme a las disposiciones generales indicadas en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

• **Prevenciones generales.**

- 1) Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado de este se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- 2) Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- 3) En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
- 4) No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- 5) No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- 6) Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- 7) En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario.

También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

• **Puesta en servicio.**

- 1) Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador.

Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

- 2) Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

- **Separación de servicio.**

- 1) Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado 1 de puesta en servicio, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
- 2) Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.
- 3) Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra.

Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra.

No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.

- 4) La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

- **Prevenciones especiales.**

- 1) No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.
- 2) Para transformadores con líquido refrigerante (aceite éster vegetal) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60 K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido.

La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40 °C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100 °C.

3) Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra.

Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, UFD, para corregirla de acuerdo con ella.

❖ **Certificados y documentación.**

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

❖ **Libro de órdenes.**

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

#### **4.2.4 Red de distribución en Baja Tensión**

❖ **Objeto y campo de aplicación.**

El presente pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de la Red de distribución en Baja Tensión, para UFD, especificadas en el proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de baja tensión.

Este pliego de condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas eléctricas subterráneas de baja tensión.

Los Pliegos de Condiciones Particulares podrán modificar las prescripciones generales.

❖ **Ejecución del trabajo.**

La ejecución de los trabajos corresponderá a las empresas instaladoras autorizadas.

• **Trazado.**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos.

En la etapa de proyecto se contactará con las empresas de servicio público y con las posibles propietarias de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada.

Una vez conocidas, antes de proceder a la apertura de las zanjas, el contratista abrirá calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de equipos de detección que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio de curvatura mínimo durante la instalación de 15 D y después de colocado el cable de como mínimo 4 D para  $D < 25\text{mm}$  y 5 D para  $25 < D < 50\text{ mm}$ , donde D es el diámetro exterior del cable.

- **Apertura de zanjas.**

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

A juicio del técnico responsable de seguridad de la obra, se procederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado.

La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3 m alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se práctica una mina o galería por la que se pase el cable.

Las dimensiones de las zanjas serán las que se muestran en las siguientes tablas.

Canalización	Ancho (cm)	Profundidad (cm)			
		80	100	120	140
BAJO ACERA	20	1	2	----	----
	40	2	4	6	----
	60	----	----	9	----
A BORDE DE LA CALZADA	20	----	1	----	----
	40	----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
CRUCE DE CALZADA	40	----	1 + 1 R	3 + 1 R	5 + 1 R
	60	----	----	----	8 + 1 R

Tabla 4.2.4.1 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de tubos

Donde R significa tubo de reserva.

Profundidad (cm)	Ancho (cm)	Número de ternas
80	40	2

Tabla 4.2.4.2 – Dimensiones mínimas de las zanjas y número de ternas

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

En el caso de que ninguno de los circuitos vaya entubado, la separación entre dos líneas de cables será como mínimo de 10 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia.

- **Canalización.**

Los cruces de vías (calzadas) públicas o privadas se realizarán con tubos normalizados ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta; estarán hormigonados en toda su longitud.
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con espuma de polietileno expandido.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones un tubo de reserva.
- Se debe evitar posible acumulación de agua o gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación con el perfil altimétrico.

Los cables aislados subterráneos de Baja Tensión podrán canalizarse de las siguientes formas:

- **Cables entubados en zanjas.**

Deberá emplearse en lo posible este tipo de canalización, utilizándose principalmente en:

- Canalización a borde de calzada, cruce de vías (calzadas) públicas y privadas, paso de carruajes y bajo acera.
- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas lo exijan.
- Sectores urbanos donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.
- En los cruces con el resto de los servicios habituales en el subsuelo se guardará una prudencial distancia frente a futuras intervenciones, y cuando puedan existir injerencias de servicio, como es el caso de otros cables eléctricos, conducciones de aguas residuales

por el peligro de filtraciones, etc., es conveniente la colocación para el cruzamiento de un tramo de tubular de como mínimo de 2 m.

Los tubos normalizados, según la Norma UNE-EN 50086, para estas canalizaciones serán de polietileno de alta densidad de color rojo de 6 metros de longitud y 160 mm de diámetro, con una resistencia a la compresión de 450 N y una resistencia al impacto de 40 J.

Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor.

A continuación, se cubrirán los tubos y se realizará el compactado mecánico, empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%.

En todo momento la profundidad mínima a la parte superior de la terna más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada.

En los cruzamientos de calzadas y ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido y se situarán sobre una capa de 4 cm de espesor.

Se asegurará que los tubos quedan cubiertos con una capa de hormigón de como mínimo 4 cm.

Para hacer frente a los movimientos derivados de los ciclos térmicos del cable, es conveniente inmovilizarlo dentro de los tubos mediante la inyección de unas mezclas o aglomerados especiales que, cumpliendo esta misión, puedan eliminarse, en caso necesario, con chorro de agua ligera a presión.

No es recomendable que el hormigón del bloqueo llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso debe intercalarse entre uno y otro una capa de tierra con las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%.

Al construir la canalización con tubos se dejarán unas guías en el interior que faciliten posteriormente el tendido de los cables.

- **Cables directamente enterrados en zanjas.**

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los cables, cubriendo los cables irá otra capa de arena de 10 cm y sobre ella irá siempre una placa de protección de polietileno (PE) o polipropileno (PP), con la función de protección de los cables.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario.

Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

A continuación, se realizará el compactado mecánico, para conseguir un próctor del 95%.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

En todo momento la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo será de 60 cm, excepción hecha en el caso en que se atravesen terrenos rocosos, en cuyo caso los cables irán entubados. Los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

○ **Cables al aire, alojados en galerías visitables.**

Este tipo de canalización se evitará en lo posible, utilizándose únicamente en el caso en que el número de conducciones sea tal que justifique la realización de galerías; o en los casos especiales en que no se puedan utilizar las canalizaciones anteriores.

Cuando la canalización se realice a lo largo de galerías, se tenderá preferentemente, cable no propagador de incendio XZ1 (AS) 0,6/1 kV 1x150 o 1X240 mm<sup>2</sup> de acuerdo con la Norma UNE-HD 603-5X.

- Limitación de servicios existentes.

No se instalarán cables eléctricos en galerías donde existan conducciones de gases o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

- Condiciones generales.

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales.

En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería quedarán cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida del personal que esté en su interior. Deberán disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y así, contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.



Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

- Galerías de longitud superior a 400 metros.

Cuando la longitud de la galería visitable sea superior a 400 m, además de los requisitos anteriores, dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm.), de accesos de personal cada 400 m como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias, tabiques de sectorización contra incendios (RF 120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 m como máximo.

- Disposición e identificación de los cables.

En la medida de lo posible, se dispondrán los cables de distintos servicios y propietarios sobre soportes diferentes y se mantendrá entre ellos distancias tales que permitan su correcta instalación y mantenimiento.

Dentro de un mismo servicio se procurará agrupar los cables por niveles de tensión (por ejemplo, agrupando los cables de MT en el lado opuesto de los de BT).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás.

Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la propiedad de la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

- Sujeción de los cables.

Los cables deberán ir fijados a las paredes de la galería mediante soportes tipo ménsula o palomillas y asegurados con bridas de manera que los esfuerzos térmicos y termodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de la Red, no puedan moverlos o deformarlos.

Asimismo, los circuitos de cables dispondrán de sujeciones que mantengan juntas entre sí las tres fases y el neutro.

- Equipotencialidad de masas metálicas accesibles.

Todos los elementos para sujeción de los cables (soportes tipo ménsula, palomillas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

- **Puntos de acceso.**

Se establece el empleo de puntos de acceso en la red de Baja Tensión en la conexión de acometidas, derivaciones, empalmes y en aquellos otros puntos que sean necesarios para hacer posible el tendido y sustitución de los cables entre dos puntos de acceso consecutivos.

Los puntos de acceso se construirán de obra civil o prefabricado de hormigón de acuerdo con los planos del documento n.º 4 del proyecto tipo de líneas eléctricas subterráneas de baja tensión (planos).

En los puntos de acceso los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido.

Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con espuma de polietileno expandido de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo.

La situación de los tubos en el punto de acceso será la que permita el máximo radio de curvatura.

Los puntos de acceso serán sin fondo para que la base sea totalmente permeable y tendrán un pre-roto que llegue hasta la base de los puntos de acceso para poder ser adaptado a canalizaciones existentes.

Se rellenarán con arena hasta cubrir como mínimo el cable.

En el suelo o las paredes laterales se situarán puntos de apoyo de los cables y empalmes, mediante tacos o ménsulas.

Los puntos de acceso serán registrables.

Deberán tener tapas metálicas de fundición provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. Permitiendo acceso a personal para ayuda y observación del tendido y la colocación de rodillos a la entrada y salida de los tubos.

Estos rodillos, se colocarán tan elevados respecto al tubo, como lo permita el diámetro del cable, a fin de evitar el máximo rozamiento contra él.

Los puntos de acceso, una vez abiertos, tienen que respetar las medidas de seguridad, disponiendo barreras y letreros de aviso.

No es recomendable entrar en los accesos recién abiertos, aconsejándose dejar transcurrir 15 minutos después de abiertos, con el fin de evitar posibles intoxicaciones de gases.

- **Paralelismos.**

Los cables subterráneos de BT deberán cumplir las siguientes condiciones, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

- **Otros cables de energía eléctrica.**

Los cables de BT podrán instalarse paralelamente a otros de BT o AT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 10 cm con los cables de BT y 25 cm con los cables de AT.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Cables de telecomunicación.**

En el caso de paralelismos entre cables BT y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí.

Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 20 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de agua.**

Los cables de BT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- **Canalizaciones de gas.**

Deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la Tabla 4.2.4.3.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados
En alta presión > 4 bar	0,40 m
En media y baja presión $\leq$ 4 bar	0,20 m

Tabla 4.2.4.3 – Distancias mínimas a canalizaciones de gas

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

○ **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería.

Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación.

Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

Los cables de BT se instalarán separados de las conducciones de alcantarillado bajo tubo a una distancia no inferior a 20 cm.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción de alcantarillado bajo tubo quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de conducción de alcantarillado bajo tubo se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- **Cruzamientos con vías de comunicación.**

- **Calzadas (Calles y carreteras).**

En los cruamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm.

Los tubos serán normalizados según el apartado cables entubados en zanjas y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular a la calzada.

- **Ferrocarriles.**

En los cruamientos con ferrocarriles, los cables deberán ir entubados y el tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,3 m respecto de la cara inferior de la traviesa, rebasando las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Los tubos serán normalizados según apartado cables entubados en zanjas y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril y perpendiculares a la vía siempre que sea posible.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, calzadas con gran densidad de circulación, etc.) pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena.

En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

- **Cruamientos con otros servicios.**

- **Otros cables de energía eléctrica.**

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de BT discurren por encima de los de AT.

La distancia mínima entre un cable de BT con otros cables de energía eléctrica será: 25 cm con los cables de AT y de 10 cm con los cables BT.

La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Con cables de telecomunicación.**

La separación mínima entre los cables de BT y los de telecomunicación será de 20 cm.

La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable BT como del cable de telecomunicación será superior a 1m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de agua.**

En los cruzamientos de cables BT con conducciones de agua se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Canalizaciones de gas.**

En los cruzamientos de cables BT con conducciones de gas se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de gas o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Conducciones de alcantarillado.**

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería.

Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación.

Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo.

En los cruzamientos de cables con conducciones de alcantarillado bajo tubo se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

- **Depósitos de carburantes.**

Los cables se dispondrán separados mediante tubos normalizados según el apartado cables entubados en zanjas, los cuales distarán como mínimo 0,2 m del depósito.

Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 1,5 m por cada extremo.

- **Acometidas.**

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y las canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzca en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 30 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según el apartado cables entubados en zanjas.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

- **Transporte de bobinas de cables.**

Las bobinas serán de madera y deberán ajustarse a la Norma UNE 21167-1.

En todas las bobinas, el cable deberá ir debidamente protegido. Se prohíbe el uso para ello de duelas de madera.

El sistema por utilizar para asegurar la adecuada protección del cable debe ser previamente autorizado por UFD.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando las bobinas se colocan llenas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y duros con un total de largo que cubra totalmente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas.

Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad.

Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de la bobina, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tablones de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando las bobinas deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que las bobinas queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

- **Tendido de cables.**

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido.

En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente.



La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta un radio de curvatura mínimo durante la instalación de  $15D$  y después de colocado el cable de como mínimo  $4D$  para  $D < 25 \text{ mm}$  y  $5D$  para  $25 < D < 50 \text{ mm}$ , donde  $D$  es el diámetro exterior del cable.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabestrantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante de este.

Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales.

Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido.

Siendo la cifra mínima recomendada de un rodillo recto cada  $5 \text{ m}$  y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se una el cable.

Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicho cable, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones.

Si por cualquier circunstancia se precisa ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollándose cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o se exponen a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada.

Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento.

El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable.

El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando no haya obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de 10 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En el caso de canalización entubada el lecho de arena será de 4 cm.

Si el cable se instalara directamente enterrado, no se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena, sobre ella irá siempre una placa de protección de polietileno (PE) o polipropileno (PP), cubriendo la proyección del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de estos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

En el caso de canalizaciones de cables al aire, cada dos metros envolviendo el circuito, se colocará una sujeción que agrupe dichos cables y los mantenga unidos.

Nunca se pasarán dos circuitos de cables unipolares por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable los tubos se obturarán en los extremos con espuma de poliuretano expandida e igualmente se aplicará la obturación a los tubos de reserva.

En el caso de utilizar otra tecnología de tendido, esta deberá ser expresamente aprobada.

- **Protección mecánica.**

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

Para ello se colocará una placa de protección de polietileno (PE) o polipropileno (PP) a lo largo de la longitud de la canalización, cuando ésta no esté entubada.

- **Señalización.**

Como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización, se colocará también una cinta de señalización para el caso de cables directamente enterrados y una o dos (para el caso de 9 tubos) para el caso de cables entubados.

La cinta de señalización será de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables.

Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm en el caso de cables entubados y 10 cm al suelo en el caso de los cables directamente enterrados.

En ambos casos quedará como mínimo a 25 cm de la parte superior de los cables o tubos.

El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno.

La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo S 0580-Y20R de acuerdo con la Norma UNE 48103.

El ancho de la cinta de polietileno será de  $150 \pm 5$  mm y su espesor será de  $0,1 \pm 0.01$  mm.

- **Cierre de zanjas.**

Una vez colocadas al cable las protecciones y señalizaciones indicadas anteriormente, se rellenará toda la zanja con el tipo de tierra y en las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%. Procurando que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección estén exentas de piedras o cascotes.

De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes pueden elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos autorizados de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

- **Reposición de pavimentos.**

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de estos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

- **Puesta a tierra.**

El conductor neutro se conectará a tierra en el Centro de Transformación, así como en otros puntos de la red, de un modo eficaz, de acuerdo con el proyecto tipo de líneas eléctricas

subterráneas de baja tensión y siguiendo las instrucciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Reglamento Técnico de Instalaciones de Alta Tensión.

#### ❖ **Materiales.**

Los materiales empleados en la canalización serán aportados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

#### • **Cables.**

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Norma UNE-HD 603-5X.

Los conductores deberán estar de acuerdo con la Norma UNE – EN 60228.

Los cables llevarán una marca indeleble que identifique claramente:

- Nombre del Fabricante y Fábrica.
- Designación completa del cable.
- Año de fabricación (por medio de las dos últimas cifras).
- UF, para indicar que cumple esta especificación.
- Metraje

La marca podrá realizarse por grabado o relieve sobre la cubierta.

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

#### ❖ **Recepción de obra.**

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra y se podrán solicitar todos los ensayos a las instalaciones que se consideren oportunos.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

#### **4.2.5 Red de distribución en Alumbrado Público**

##### **❖ Objeto y campo de aplicación.**

El presente pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de la Red de distribución en Alumbrado Público, condicionadas por las características técnicas generales indicadas en la Red de distribución de Baja Tensión, al formar parte de un capítulo específico en la instalación eléctrica de Baja Tensión.

Este pliego de condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas eléctricas subterráneas de Alumbrado Público y elementos asociados.

Los Pliegos de Condiciones Particulares podrán modificar las prescripciones generales.

##### **❖ Ejecución del trabajo.**

La ejecución de los trabajos corresponderá a las empresas instaladoras autorizadas.

##### **❖ Generalidades.**

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos, como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión).

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones de compensación no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación de compensación, asegurando la protección frente a contactos

directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc., de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

#### ❖ **Conductores.**

Serán de las secciones que se especifican en los capítulos Planos y Memoria.

Los conductores empleados en la instalación serán de cobre aislado, salvo para las conexiones de tierra, que serán de cobre desnudo, cumpliendo así, las exigencias de la norma UNE 21022 sobre conductores aislados.

Todos los conductores usados tendrán la categoría de no conductores de llama.

Todos los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y, el aislamiento será de polietileno reticulado de tensión asignada 0,6/1 kV, mientras que la sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup>, como indica la instrucción ITC-BT-09 en su apartado 5.2.1 para cableado de instalaciones de alumbrado.

Esos cables deben de colocarse en tramos completos desde el receptor hasta el interruptor, no permitiendo el uso de empalmes fuera de las cajas de derivación enterradas ni cambios de sección intermedios.

No se permitirán curvas muy cerradas, siendo la curva mínima la necesaria para conseguir un diámetro de 10 veces la sección del conductor, tampoco se tolerarán ángulos inferiores a 90 grados, evitando así que se formen cocas o que se deteriore el aislamiento del cable.

La resistencia de aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán lo establecido en el apartado 2.9 de la ITC-BT-19.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica, del nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de estos.

Si el fabricante no reuniese la suficiente garantía a juicio de la Dirección Técnica, antes de instalar los conductores se comprobarán las características de éstos en un Laboratorio Oficial. Las pruebas se reducirán al cumplimiento de las condiciones anteriormente expuestas.

No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior, que presente desperfectos superficiales o que no vayan en las bobinas de origen.

No se permitirá el empleo de conductores de procedencia distinta en un mismo circuito.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo del cable y diámetro.

#### ❖ Lámparas.

Se utilizarán lámparas del tipo y potencia especificadas en Memoria y Planos.

El fabricante deberá ser de reconocida garantía.

El consumo, en vatios, no debe exceder del + 10 % del nominal si se mantiene la tensión dentro del  $\pm 5$  % de la nominal.

El bulbo exterior será de vidrio extraduro y las lámparas solo se montarán en la posición recomendada por el fabricante.

La fecha de fabricación de las lámparas no será anterior en seis meses a la de montaje en obra.

#### ❖ Reactancias y condensadores.

Serán las adecuadas a las lámparas.

Su tensión será de 230 V y sólo se admitirán las reactancias y condensadores procedentes de una fábrica conocida y con gran solvencia en el mercado.

En las etiquetas de estos componentes deben figurar todas sus características en castellano para garantizar una correcta conexión por parte del operario.

Llevarán inscripciones en las que se indique el nombre o marca del fabricante, la tensión o tensiones nominales en voltios, la intensidad nominal en amperios, la frecuencia en hercios, el factor de potencia y la potencia nominal de la lámpara o lámparas para las cuales han sido previstos.

Si las conexiones se efectúan mediante bornes, regletas o terminales, deben fijarse de tal forma que no podrán soltarse o aflojarse al realizar la conexión o desconexión. Los terminales, bornes o regletas no deben servir para fijar ningún otro componente de la reactancia o condensador.

La reactancia alimentada a la tensión nominal suministrará una corriente no superior al 5 %, ni inferior al 10 % de la nominal de la lámpara.

La capacidad del condensador debe quedar dentro de las tolerancias indicadas en las placas de características.

Durante el funcionamiento del equipo de alto factor no se producirán ruidos, ni vibraciones de ninguna clase.



En los casos que las luminarias no lleven el equipo incorporado, se utilizará una caja que contenga los dispositivos de conexión, protección y compensación.

❖ **Protección contra Cortocircuitos.**

Cada punto de luz llevará dos cartuchos APR de 6 A, los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.

❖ **Cajas de Empalme y Derivación.**

En el interior de la columna para cada luminaria llevará una caja de conexión de seguridad, con capacidad para cuatro hilos y, fusibles para cada una de las fases que alimenten dicha lámpara.

La caja debe ser de material aislante, y debidamente fijada al interior del báculo, evitando así que los cables estén sometidos a tensiones excesivas.

Estarán provistas de fichas de conexión y serán como mínimo IP-549, es decir, con protección contra el polvo, contra las proyecciones de agua en todas direcciones y contra una energía de choque de 20 Julios.

❖ **Báculos.**

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m<sup>2</sup>.

Estarán contruidos en chapa de acero, con un espesor de 2,5 mm cuando la altura útil no sea superior a 7 m y de 3 mm para alturas superiores.

Los báculos resistirán sin deformación una carga de 30 kg suspendida en el extremo donde se coloca la luminaria, y las columnas o báculos resistirán un esfuerzo horizontal.

En cualquier caso, tanto los brazos como los báculos resistirán las solicitaciones previstas en la ITC-BT-09, apartado 6.1, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5 particularmente teniendo en cuenta la acción del viento.

No deberán permitir la entrada de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.

Los báculos deberán poseer una abertura de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección contra la proyección de agua, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales.

Estarán provistas de fichas de conexión y serán como mínimo IP- 549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones de agua en todas direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 Julios (9).

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijados o incorporados a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección o maniobra en la base,

podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado, o en la propia obra de fábrica.

Las columnas y báculos llevarán en su parte interior y próximo a la puerta de registro, un tornillo con tuerca para fijar la terminal de la pica de tierra.

#### ❖ **Luminarias.**

Las luminarias cumplirán, como mínimo, las condiciones de las indicadas como tipo en el proyecto, en especial en:

- Tipo de portalámpara.
- Características fotométricas (curvas similares).
- Resistencia a los agentes atmosféricos.
- Facilidad de conservación e instalación.
- Estética.
- Facilidad de reposición de lámpara y equipos.
- Condiciones de funcionamiento de la lámpara, en especial la temperatura (refrigeración, protección contra el frío o el calor, etc.).
- Protección, a lámpara y accesorios, de la humedad y demás agentes atmosféricos.
- Protección a la lámpara del polvo y de efectos mecánicos.

#### ❖ **Cuadro de maniobra y control.**

El armario está previsto para intemperie y está construido en acero inoxidable (protección IP65 según UNE 20324 e IK10 según UNE EN 50102), con departamento separado para el equipo de medida.

Compuesto por 3 módulos aislados y con 3 puertas independientes con cerraduras normalizadas. Uno de los módulos, el primero, es de uso exclusivo de la compañía suministradora, y los otros dos, para los abonados.

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y preparados para tensiones de servicio no inferior a 500 V.

Los fusibles serán APR, con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para la reposición de los cartuchos. El calibre será exactamente el del proyecto.

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, siendo las dimensiones de sus piezas de contacto suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 65 °C, después de funcionar una hora con su intensidad nominal.

Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000, con su carga nominal a la tensión de trabajo sin que se produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

Los contactores estarán probados a 3.000 maniobras por hora y garantizados para cinco millones de maniobras, los contactos estarán recubiertos de plata.

La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400 V, con una tolerancia del  $\pm 10\%$ .

Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar, conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal.

La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65 °C después de funcionar una hora con su intensidad nominal.

Así mismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

En los interruptores horarios se consideran necesarios los dispositivos astronómicos.

El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente.

La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas. Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20 % y la tensión podrá variar en un  $\pm 20\%$ . Se rechazará el que adelante o atrase más de cinco minutos al mes.

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en proyecto, pudiendo soportar 20.000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 300 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

La célula fotoeléctrica tendrá alimentación a 230 V  $\pm 15\%$ , con regulación de 20 a 200 lux.

Todo el resto de pequeño material será presentado previamente a la Dirección Técnica, la cual estimará si sus condiciones son suficientes para su instalación.

#### ❖ **Protección de Bajantes.**

Se realizará en tubo de hierro galvanizado de 2" de diámetro, provista en su extremo superior de un capuchón de protección de PVC, a fin de lograr estanquidad, y para evitar el rozamiento de los conductores con las aristas vivas del tubo, se utilizará un anillo de protección de PVC.

La sujeción del tubo a la pared se realizará mediante accesorios compuestos por dos piezas, vástago roscado para empotrar y soporte en chapa plastificado de tuerca incorporada, provisto de cierre especial de seguridad de doble plegado.

❖ **Tubería para Canalizaciones Subterráneas.**

Se utilizará preferentemente tubería de PVC rígida de los diámetros especificados en el proyecto.

❖ **Cable Fiador.**

Se utilizará exclusivamente cable espiral galvanizado reforzado, de composición 1x19+0, de 6 mm de diámetro, en acero de resistencia 140 kg/mm<sup>2</sup>, lo que equivale a una carga de rotura de 2.890 kg.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica del nombre del fabricante y le enviará una muestra de este.

❖ **Conducciones Subterráneas.**

• **Zanjas.**

○ **Excavación y Relleno.**

Las zanjas no se excavarán hasta que vaya a efectuarse la colocación de los tubos protectores, y en ningún caso con antelación superior a ocho días.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible, abiertas las excavaciones con objeto de evitar accidentes.

Si la causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas las zanjas amenazasen derrumbarse, deberán ser entibadas, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso en que penetrase agua en las zanjas, ésta deberá ser achicada antes de iniciar el relleno.

El fondo de las zanjas se nivelará cuidadosamente, retirando todos los elementos puntiagudos o cortantes.

Sobre el fondo se depositará la capa de arena que servirá de asiento a los tubos.

En el relleno de las zanjas se emplearán los productos de las excavaciones, salvo cuando el terreno sea rocoso, en cuyo caso se utilizará tierra de otra procedencia.

Las tierras de relleno estarán libres de raíces, fangos y otros materiales que sean susceptibles de descomposición o de dejar huecos perjudiciales.

Después de rellenar las zanjas se apisonarán bien, dejándolas así algún tiempo para que las tierras vayan asentándose y no exista peligro de roturas posteriores en el pavimento, una vez que se haya repuesto.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de las zanjas, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno circundante.

Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarle no ocasione perjuicio alguno.

- **Colocación de los Tubos.**

Los conductos protectores de los cables serán conformes a la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos descansarán sobre una capa de arena de espesor no inferior a 5 cm.

La superficie exterior de los tubos quedará a una distancia mínima de 60 cm por debajo del suelo o pavimento terminado.

Se cuidará la perfecta colocación de los tubos, sobre todo en las juntas, de manera que no queden cantos vivos que puedan perjudicar la protección del cable.

Los tubos se colocarán completamente limpios por dentro, y durante la obra se cuidará de que no entren materias extrañas.

A unos 25 cm por encima de los tubos y a unos 10 cm por debajo del nivel del suelo se situará la cinta señalizadora.

- **Cruces con Canalizaciones o Calzadas.**

En los cruces con canalizaciones eléctricas o de otra naturaleza (agua, gas, etc.) y de calzadas de vías con tránsito rodado, se rodearán los tubos de una capa de hormigón en masa con un espesor mínimo de 10 cm.

En los cruces con canalizaciones, la longitud de tubo a hormigonar será, como mínimo, de 1 m a cada lado de la canalización existente, debiendo ser la distancia entre ésta y la pared exterior de los tubos de 15 cm por lo menos.

Al hormigonar los tubos se pondrá un especial cuidado para impedir la entrada de lechadas de cemento dentro de ellos, siendo aconsejable pegar los tubos con el producto apropiado.

- **Cimentación de Báculos y Columnas.**

- **Excavación.**

Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los báculos y columnas, en cualquier clase de terreno.

Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica.

Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta sería por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico.

Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno.

Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado.

La explanación se prolongará hasta 30 cm, como mínimo, por fuera de la excavación prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible, abiertas las excavaciones, con el objeto de evitar accidentes.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que lo circunda.

Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

- **Hormigón.**

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar se mezcle con tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará

una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m<sup>3</sup>.

La composición normal de la mezcla será, de una de cemento con tres de arena y seis de grava.

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams.

Dicho cono consiste en un molde troncocónico de 30 cm de altura y bases de 10 y 20 cm de diámetro.

Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa.

Se mide la altura “H” del hormigón formado y en función de ella se conoce la consistencia H (cm):

- Seca: 30 a 28 cm.
- Plástica: 28 a 20 cm.
- Blanda: 20 a 15 cm.
- Fluida: 15 a 10 cm.

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

#### ❖ Transporte e Izado de Báculos y Columnas.

Se emplearán los medios auxiliares necesarios para que durante el transporte no sufran las columnas y báculos deterioro alguno.

El izado y colocación de los báculos y columnas se efectuará de modo que queden perfectamente aplomados en todas las direcciones.

Las tuercas de los pernos de fijación estarán provistas de arandelas.

La fijación definitiva se realizará a base de contratueras, nunca por graneteo.

Terminada esta operación se rematará la cimentación con mortero de cemento.

**❖ Arquetas de Registro.****• Arquetas de registro para derivación a puntos de luz.**

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, dejando como fondo la tierra original a fin de facilitar el drenaje.

Por lo tanto, la base de la arqueta deberá ser de un material permeable (grava preferiblemente) para garantizar la filtración del agua de lluvia que pudiera entrar al interior.

El marco será de angular 45 x 45 x 5 y la tapa, prefabricada, de hormigón de  $R_k = 160 \text{ kg/cm}^2$ , armado con diámetro 10 o metálica y marco de angular 45 x 45 x 5.

En el caso de aceras con terrazo, el acabado se realizará fundiendo losas de idénticas características.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible, abiertas las arquetas con el objeto de evitar accidentes.

Cuando no existan aceras, se rodeará el conjunto arqueta-cimentación con bordillos de 25 x 15 x 12 prefabricados de hormigón, debiendo quedar la rasante a 12 cm sobre el nivel del terreno natural.

Los materiales empleados en la creación de las arquetas y su acondicionamiento serán aportados por el contratista siempre y cuando no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones particulares.

Todos los materiales empleados, deben ser necesariamente aceptados previamente por el director de obra.

**• Arquetas de registro para cruces de calles y cuadros de mando y control.**

El marco será de angular 60 x 60 x 1 cm y la tapa, prefabricada, de hormigón de  $R_k = 160 \text{ kg/cm}^2$ , armado con diámetro 10 o metálica y marco de angular 45 x 45 x 5.

Las características serán las descritas en el apartado arquetas de registro para derivación a puntos de luz.

**❖ Tendido de los Conductores.**

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

No se dará a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo.

El radio interior de curvatura no será menor que los valores por el fabricante de los conductores.



### ❖ **Acometidas.**

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en las cajas situadas en el interior de las columnas y báculos, no existiendo empalmes en el interior de estos.

Sólo se quitará el aislamiento de los conductores en la longitud que penetren en los bornes de conexión.

Las cajas estarán provistas de fichas de conexión (IV).

La protección será, como mínimo, IP-437, es decir, protección contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm, contra agua de lluvia hasta 60 ° de la vertical y contra energía de choque de 6 julios.

Los fusibles (I) serán APR de 6 A, e irán en la tapa de la caja, de modo que ésta haga la función de seccionamiento.

La entrada y salida de los conductores de la red se realizará por la cara inferior de la caja y la salida de la acometida por la cara superior.

Las conexiones se realizarán de modo que exista equilibrio entre fases.

Cuando las luminarias no lleven incorporado el equipo de reactancia y condensador, dicho equipo se fijará sólidamente en el interior del báculo o columna en lugar accesible.

### ❖ **Empalmes y Derivaciones.**

Los empalmes y derivaciones se realizarán preferiblemente en las cajas de acometidas descritas en el apartado anterior.

De no resultar posible se harán en las arquetas, usando fichas de conexión (una por hilo), las cuales se encintarán con cinta autosoldable de una rigidez dieléctrica de 12 kV/mm, con capas a medio solape y encima de una cinta de vinilo con dos capas a medio solape.

Se reducirá al mínimo el número de empalmes, pero en ningún caso existirán empalmes a lo largo de los tendidos subterráneos.

### ❖ **Tomas de Tierra.**

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm.

También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente.

En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto

mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

El conductor de la red de tierra que une los electrodos deberá ser:

- Desnudo, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forma parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irá por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 35 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

#### ❖ **Bajantes.**

En las protecciones se utilizará, exclusivamente, el tubo y accesorios descritos en los apartados anteriores.

Dicho tubo alcanzará una altura mínima de 2,50 m sobre el suelo.

#### ❖ **Fijación y Regulación de las Luminarias.**

Las luminarias se instalarán con la inclinación adecuada a la altura del punto de luz, ancho de calzada y tipo de luminaria.

En cualquier caso, su plano transversal de simetría será perpendicular al de la calzada.

En las luminarias que tengan regulación de foco, las lámparas se situarán en el punto adecuado a su forma geométrica, a la óptica de la luminaria, a la altura del punto de luz y al ancho de la calzada.

Cualquiera que sea el sistema de fijación utilizado (brida, tornillo de presión, rosca, rótula, etc.) una vez finalizados el montaje, la luminaria quedará rígidamente sujeta, de modo que no pueda girar u oscilar respecto al soporte.

#### ❖ **Célula Fotoeléctrica.**

Se instalará orientada al Norte, de tal forma que no sea posible que reciba luz de ningún punto de luz de alumbrado público, de los faros de los vehículos o de ventanas próximas.

De ser necesario se instalarán pantallas de chapa galvanizada o aluminio con las dimensiones y orientación que indique la Dirección Técnica.

#### ❖ **Medida de Iluminación.**

La comprobación del nivel medio de alumbrado será verificada pasados los 30 días de funcionamiento de las instalaciones.

Se tomará una zona de la calzada comprendida entre dos puntos de luz consecutivos de una misma banda si éstos están situados al tresbolillo, y entre tres en caso de estar pareados o dispuestos unilateralmente.

Los puntos de luz que se escojan estarán separados una distancia que sea lo más cercana posible a la separación media.

En las horas de menos tráfico, e incluso cerrando éste, se dividirá la zona en rectángulos de dos a tres metros de largo midiéndose la iluminancia horizontal en cada uno de los vértices.

Los valores obtenidos multiplicados por el factor de conservación, se indicará en un plano.

Las mediciones se realizarán a ras del suelo y, en ningún caso, a una altura superior a 50 cm, debiendo tomar las medidas necesarias para que no se interfiera la luz procedente de las diversas luminarias.

La célula fotoeléctrica del luxómetro se mantendrá perfectamente horizontal durante la lectura de iluminancia; en caso de que la luz incida sobre el plano de la calzada en ángulo comprendido entre 60 ° y 70 ° con la vertical, se tendrá en cuenta el “error de coseno”.

Si la adaptación de la escala del luxómetro se efectúa mediante filtro, se considerará dicho error a partir de los 50 °.

Antes de proceder a esta medición se autorizará al adjudicatario a que efectúe una limpieza de polvo que se hubiera podido depositar sobre los reflectores y aparatos.

La iluminancia media se definirá como la relación de la mínima intensidad de iluminación, a la media intensidad de iluminación.

#### ❖ **Seguridad.**

Al realizar los trabajos en vías públicas, tanto urbanas como interurbanas o de cualquier tipo, cuya ejecución pueda entorpecer la circulación de vehículos, se colocarán las señales indicadoras que especifica el vigente Código de la Circulación.

Igualmente se tomarán las oportunas precauciones en evitación de accidentes de peatones, como consecuencia de la ejecución de la obra.

### 4.3 PLIEGO DE CONDICIONES DEL PLAN DE CALIDAD

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiéndose cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados.

El contratista de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales, encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.

Mensualmente el contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta, al término de la obra civil se cumplimentará aquella documentación requerida.

- **Replanteos.**

Los errores máximos permitidos serán:

- Entre ejes de replanteo y ejes de cimentaciones: 2 mm.
- Entre ejes de cimentaciones y testas de los pernos: 1 mm.
- En nivelación de bases de cimentaciones: 1 mm.
- En nivelación de carreteras y viales: 5 mm.
- En nivelación de explanada: 20 mm.

- **Movimientos de tierras.**

Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de Límite de Atteberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad “in situ”, según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT (Normas de ensayo del Laboratorio del Transporte y mecánica del suelo) o UNE.

- **Hormigón.**

Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural), se realizará un control de ejecución a nivel normal.

De acuerdo con la mencionada Guía:

- La comprobación de la resistencia del hormigón se realizará en el laboratorio, mediante la rotura a compresión de probetas sacadas a pie de obra, a la edad de 7 y 28 días, según normas UNE 83300:84, 83301:91, 83303:84 y 83304:84.

- La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE 83313:90.

Por otra parte, el contratista especificará al responsable de la planta de hormigonado, las características del hormigón a utilizar, principalmente en lo que respecta a resistencia y consistencia.

- **Piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado.**

El fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:

- Calidad del Hormigón.
- Calidad del acero.
- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

- **Armaduras.**

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
- Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
- Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado cumplen con la norma UNE 36092:96.

- **Montaje de Estructuras Metálicas y Soportes.**

Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos.

❖ **Recepción provisional.**

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.

Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución.

Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista.

Si el Contratista no cumpliese estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

Para la recepción y puesta en servicio de la instalación se realizarán las pruebas que se precisen para asegurar su correcto funcionamiento.

Se pueden distinguir tres fases, en las cuales se exponen los ejemplos más significativos:

- **Medición y comprobaciones.**

- Medida de resistencia de la malla de tierra y de las tensiones de paso y contacto.
- Medida de aislamiento de cables y del aparellaje de AT.
- Medida de rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores y aislamiento de los bobinados.
- Polaridad de los TI.
- Timbrado de cables de control.

- **Pruebas locales y PES de equipos de baja tensión.**

- Pruebas funcionales de seccionadores.
- Pruebas funcionales de interruptores.
- Pruebas funcionales de transformadores de potencia.
- Pruebas y puesta en servicio de rectificadores y baterías de acumuladores.
- Puesta en servicio de armarios de servicios Auxiliares.

- **Pruebas de control, telecontrol y PES del aparellaje de AT.**

- Comprobación de los circuitos de mando, control, señalización y alarma de interruptores y seccionadores, de intensidades y tensiones de los transformadores de medida, de bloqueos y condicionantes de control.
- Pruebas de regulación de tensión de transformadores de potencia.
- Pruebas de protecciones, equipos de medida, de telecontrol, registradores cronológicos.

- Energización de todos los elementos de la Subestación y prueba de su funcionamiento a tensión normal. (Puesta en servicio).

#### ❖ Documento final de obra.

A la finalización de los trabajos se confeccionará el plano final de obra que se entregará inmediatamente acabada ésta y en el que figurarán todos los detalles singulares que se hubieran puesto de manifiesto durante la ejecución de esta, teniendo en cuenta la legislación vigente.

La escala del plano será 1:500 y contendrá la topografía urbanística real con el correspondiente nombre de las calles y plazas y el número de los edificios y/o solares existentes.

En este figurarán las acotaciones precisas para su exacta situación, distancia de fachadas, profundidades, situación de los empalmes, tubulares en seco instalados, tubulares de cruce, etc.

Asimismo, constarán los cruzamientos, paralelismos y detalles de interés respecto a otros servicios como conducciones de agua, gas electricidad comunicación y alcantarillado, si los hubiere.

Se adjuntará el protocolo de pruebas realizadas y el resultado de estas.

De vital importancia será la anotación puntual de defectos corregidos en situaciones antirreglamentarias halladas durante los trabajos, así como las adoptadas frente a puntos conflictivos que se hayan dado durante el mismo y que pudieran afectar a la normativa vigente de seguridad.

#### ❖ Periodos de garantía.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

#### ❖ Recepción definitiva.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el

Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.



**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **ESTADO DE MEDICIONES**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO ESTADO DE MEDICIONES**

	Páginas
5 ESTADO DE MEDICIONES .....	839
5.1 Red de Distribución en Media Tensión .....	839
5.2 Centro de Seccionamiento .....	842
5.3 Centro de Transformación .....	844
5.4 Red de Distribución en Baja Tensión .....	848
5.5 Red de Distribución en Alumbrado Público .....	858
5.6 Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público .....	865
5.7 Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas .....	868
5.8 Estudio de seguridad y salud .....	870
5.9 Tramitaciones y permisos .....	871

## 5 ESTADO DE MEDICIONES

El documento Mediciones es uno de los documentos del Proyecto y tiene como misión definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del producto, obra, edificio, instalación y servicios objeto del Proyecto, basándose en la información contenida en el documento Planos.

### 5.1 Red de Distribución en Media Tensión

Red de Distribución en Media Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
MT1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 538,60 m de zanja, con 0,60 m de ancho y 1,70 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	549,37	M³	549,37	549,37
MT2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento y cubrición de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 26,7 cm de altura alrededor del circuito dúplex.	86,28	M³	86,28	86,28
MT3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Relleno principal de zanjas, altura 1,18 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	382,30	M³	382,30	382,30
MT4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	80,79	M³	80,79	80,79

Red de Distribución en Media Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
MT5	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 34 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,66 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	22,58	M³	22,58	22,58
MT6	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones, con <b>hormigón</b> no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central y vertido desde camión. Capa de 60,5 cm de altura en asiento y cubrición de tuberías.	8,23	M³	8,23	8,23
MT7	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno principal de zanjas, altura 0,605 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	8,23	M³	8,23	8,23
MT8	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 45 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (40 cm) y capa asfáltica (5 cm).	6,12	M³	6,12	6,12
MT9	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b> Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	3.195,60	M	3.195,60	3.195,60

Red de Distribución en Media Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
MT10	<b>Tubo corrugado de 125 mm para telecomunicaciones.</b> Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo corrugado de doble pared, de polietileno de alta densidad, según UNE-EN 50086-2-4, libre de halógenos, de color verde, y diámetro 125 mm para telecomunicaciones, según normas particulares de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución.	34	M	34,00	34,00
MT11	<b>Tributo verde de 40 mm para protección.</b> Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tributo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por tres tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona.	3.195,60	M	3.195,60	3.195,60
MT12	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.	102	M	102,00	102,00

Red de Distribución en Media Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
MT13	<b>Arqueta eléctrica MT acceso prefabricado de tres tapas.</b>  Punto de acceso completamente ejecutado formado por arqueta prefabricada de hormigón de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 860 mm e interiores 1584 x 755 x 860 mm, cono suplementario prefabricado de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 368 mm e interiores 1584 x 755 x 338 mm y marco recto de fundición para tres tapas y tres tapas de fundición. Todos los elementos deberán ser suministrados por la empresa homologada de la compañía suministradora de energía eléctrica. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor, incluso parte proporcional de medios auxiliares, transporte, excavación y relleno perimetral posterior. Totalmente ejecutada conforme a las especificaciones de la compañía eléctrica.	11	UD	11,00	11,00
MT14	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b>  Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	566,60	M	566,60	566,60
MT15	<b>Ensayo de conductores de MT según Normas de Fenosa.</b>  Ensayo de conductores subterráneos de Media Tensión según Normas de Fenosa, realizado por laboratorio homologado por Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	10	UD	10,00	10,00

## 5.2 Centro de Seccionamiento

Centro de Seccionamiento					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CS1	<b>Edificio de hormigón compacto ECS-24.</b>  Edificio de hormigón compacto modelo ECS-24, de dimensiones exteriores 1.243 x 2.000 y altura útil 1.326 mm, incluyendo su transporte y montaje.	1	UD	1,00	1,00

Centro de Seccionamiento					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CS2	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 2.200 x 2.440 mm para alojar el edificio prefabricado compacto ECS24, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 775 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	1	UD	1,00	1,00
CS3	<b>Compacto Schneider Electric gama RM6.</b> Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 3L telemandada por GPRS/FO, referencia RM63LUF3TCG, resistencia arco interno IAC AFL 16 kA 1 segundo, para tres funciones de línea de 400 A, según las características detalladas en memoria, con capotes cubrebornas y lámparas de presencia de tensión, instalado.	1	UD	1,00	1,00
CS4	<b>Conectores apantallados.</b> Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16, 400 A para celda RM6.	3	UD	3,00	3,00
CS5	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 4 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	1	UD	1,00	1,00
CS6	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	1	UD	1,00	1,00
CS7	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	1	UD	1,00	1,00
CS8	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	2	UD	2,00	2,00

Centro de Seccionamiento					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CS9	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	1	UD	1,00	1,00
CS10	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en el Centro de Seccionamiento por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	1	UD	1,00	1,00

### 5.3 Centro de Transformación

Centro de Transformación					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CT1	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 3.100 x 12.350 mm para alojar el edificio prefabricado modular M1/1/1, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 575 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	4	UD	4,00	4,00
CT2	<b>Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6, modelo IM, referencia SIM16, con interruptor-seccionador en SF6 de 400 A con mando CIT manual, seccionador de puesta a tierra, juego de barras tripolar e indicadores testigo presencia de tensión instalados.	8	UD	8,00	8,00
CT3	<b>Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6, modelo DM1C, referencia SDM1C16, con seccionador en SF6 con mando CS1, disyuntor tipo SF1 400 A en SF6 con mando RI manual, con bobina de apertura para relé Sepam, s.p.a.t., captadores de intensidad, Kit de referencia JLIKITSEP1C/S20 compuesto por cajón BT y relé SEPAM S20, y enclavamientos instalados.	4	UD	4,00	4,00



Centro de Transformación					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CT4	<b>Cabina de medida Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de medida Schneider Electric gama SM6, modelo GBCD, referencia SGBCD3316, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión, según características detalladas en memoria, instalados.	4	UD	4,00	4,00
CT5	<b>Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6, modelo QM, referencia JLJSQM16BD, con interruptor-seccionador en SF6 con mando CI1 manual, bobina de apertura, fusibles con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos instalados.	8	UD	8,00	8,00
CT6	<b>Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado.</b> Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado clase F, interior e IP00, de Schneider Electric (según Norma UNE 21538 y UE 548/2014 de ecodiseño). Bobinado AT continuo de gradiente lineal sin entrecapas. Bobinado BT con ensayo frecuencia industrial 10 kV. Ensayos climáticos E3, C3, F1. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia nominal: 400 kVA.</li> <li>- Relación: 20/0,42 kV.</li> <li>- Tensión secundaria vacío: 420 V.</li> <li>- Tensión cortocircuito: 6%.</li> <li>- Regulación: <math>\pm 2,5 \%</math>, <math>\pm 5 \%</math>.</li> <li>- Grupo conexión: Dyn11.</li> <li>- Referencia: TRIHAL400-24.</li> </ul>	8	UD	8,00	8,00
CT7	<b>Juego de puentes III de cables AT unipolares.</b> Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm <sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.	8	UD	8,00	8,00

Centro de Transformación					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CT8	<b>Juego de puentes de cables BT unipolares.</b> Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0,6/1 kV de Al, de 2 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro y demás características según memoria.	8	UD	8,00	8,00
CT9	<b>Equipo de sondas PTC y Convertidor Z.</b> Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.	8	UD	8,00	8,00
CT10	<b>Cuadro contador tarificador.</b> Cuadro contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.	4	UD	4,00	4,00
CT11	<b>Tierras exteriores 5/62.</b> Tierras exteriores código 5/62 UNESA, incluyendo 8 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	4	UD	4,00	4,00
CT12	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 14 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	4	UD	4,00	4,00
CT13	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	4	UD	4,00	4,00

Centro de Transformación					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CT14	<b>Punto de luz incandescente.</b> Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	8	UD	8,00	8,00
CT15	<b>Punto de luz de emergencia.</b> Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	4	UD	4,00	4,00
CT16	<b>Extintor 89B.</b> Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	4	UD	4,00	4,00
CT17	<b>Banqueta aislante.</b> Banqueta aislante para maniobrar aparamenta.	4	UD	4,00	4,00
CT18	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	4	UD	4,00	4,00
CT19	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	8	UD	8,00	8,00
CT20	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	4	UD	4,00	4,00
CT21	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en los Centros de Transformación por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	4	UD	4,00	4,00

## 5.4 Red de Distribución en Baja Tensión

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT1	<p><b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de dos zonas:</p> <p>Zona 1: longitud 743,01 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,20 m de altura.</p> <p>Zona 2: longitud 743,01 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,44 m de altura.</p> <p>El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.</p>	422,03	M³	422,03	422,03
BT2	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos.</p>	17,83	M³	17,83	17,83
BT3	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Relleno principal de zanjas, altura 0,91 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.</p>	329,90	M³	329,90	329,90
BT4	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).</p>	74,30	M³	74,30	74,30

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT5	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm<sup>2</sup>.</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	259,33	M	259,33	259,33
BT6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm<sup>2</sup>.</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	498,98	M	498,98	498,98

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.020,16	M	1.020,16	1.020,16
BT8	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 50 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 50 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.440,33	M	1.440,33	1.440,33

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT9	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 70 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 70 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.591,65	M	1.591,65	1.591,65
BT10	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 95 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.045,44	M	1.045,44	1.045,44

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT11	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 120 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 120 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	810,87	M	810,87	810,87
BT12	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 150 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 150 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	653,28	M	653,28	653,28



Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT13	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 240 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 240 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	252,00	M	252,00	252,00
BT14	<p><b>Tubo curvable de 110 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	259,33	M	259,33	259,33
BT15	<p><b>Tubo curvable de 125 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 125 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	363,95	M	363,95	363,95

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT16	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	1.185,73	M	1.185,73	1.185,73
BT17	<b>Tubo curvable de 200 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 200 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	84,00	M	84,00	84,00
BT18	<b>Cuadro de baja tensión de 1600 A con 8 salidas para CT.</b> Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1810 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal. Incluye módulo de ampliación de cuadro de baja tensión, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1190 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal.	8	UD	8,00	8,00
BT19	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 630 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 630 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 800 mm, según UNE-EN 60947-2.	8	UD	8,00	8,00

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT20	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 250 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 250 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	1	UD	1,00	1,00
BT21	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 200 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 200 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	6	UD	6,00	6,00
BT22	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 160 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 160 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	10	UD	10,00	10,00
BT23	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 125 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 125 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	12	UD	12,00	12,00
BT24	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 100 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 100 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	4	UD	4,00	4,00
BT25	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 80 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 80 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	1	UD	1,00	1,00

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT26	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	5	UD	5,00	5,00
BT27	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 80 cm.</b> Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 80 x 80 x 110 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 89,5 x 88,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.	44	UD	44,00	44,00
BT28	<b>Toma de tierra con picas para la CGP en cada nave industrial.</b> Tres electrodos para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Siete metros de conductor de cobre desnudo, de 50 mm². Tres grapas abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	35	UD	35,00	35,00
BT29	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	743,01	M	743,01	743,01
BT30	<b>Ensayo de conductores de BT según Normas de Fenosa.</b> Realización ensayo de conductores de línea de Baja Tensión según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas BT, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	35	UD	35,00	35,00

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT31	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 250 A (fusibles 250 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 250 A, poder de corte 120 kA, tamaño T2, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	7	UD	7,00	7,00
BT32	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 160 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 160 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	22	UD	22,00	22,00

Red de Distribución en Baja Tensión					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
BT33	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 100 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	6	UD	6,00	6,00
BT34	<p><b>Cimentación para caja general de protección CGP – 7.</b></p> <p>Cimentación para caja general de protección CGP – 7, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.</p>	35	UD	35,00	35,00

## 5.5 Red de Distribución en Alumbrado Público

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL1	<p><b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 1.483,43 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,76 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.</p>	255,10	M³	255,10	255,10

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura y 740,42 m de longitud, situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos donde no existe línea de baja tensión.	29,62	M³	29,62	29,62
AL3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Relleno principal de zanjas, altura 0,51 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	151,31	M³	151,31	151,31
AL4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	74,17	M³	74,17	74,17
AL5	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b> Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	4.275,71	M	4.275,71	4.275,71

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	8.321,10	M	8.321,10	8.321,10
AL7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	172,74	M	172,74	172,74



Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL8	<b>Tubo curvable de 90 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 90 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 20 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	4.160,55	M	4.160,55	4.160,55
AL9	<b>Tubo curvable de 110 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	57,58	M	57,58	57,58
AL10	<b>Caja de superficie con puerta opaca.</b> Caja de superficie con puerta opaca para instalar en su interior la caja de protección y medida, de 800 x 250 x 1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035.	4	UD	4,00	4,00
AL11	<b>Caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Caja de protección y medida CPM3-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 2 contadores trifásicos, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 09 según UNE-EN 50102.	4	UD	4,00	4,00

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL12	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	4	UD	4,00	4,00
AL13	<b>Interruptor automático diferencial combinado bipolar de 50 A.</b> Interruptor combinado con bloque diferencial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 50 A, serie NB1L (automático + bloque), clase AC, poder de corte 6 kA, curva C, sensibilidad 300 mA, tamaño de 4 módulos de 72 mm, según UNE-EN 61008-1.	12	UD	12,00	12,00
AL14	<b>Interruptor diferencial bipolar de 25 A.</b> Interruptor diferencial puro, gama Industrial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 25 A, serie NL1, clase AC, poder de corte 6 kA, sensibilidad 300 mA, según UNE-EN 61008-1.	4	UD	4,00	4,00
AL15	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 16 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	4	UD	4,00	4,00
AL16	<b>Contactor modular 2NO de 63 A.</b> Contactor modular, gama Doméstica y Terciaria, número de contactos 2NO (dos normalmente abiertos), intensidad nominal 63 A, serie NCH8, tensión de la bobina 230 V de ca, tamaño de 2 módulos de 18 mm, según UNE-EN 61095.	4	UD	4,00	4,00
AL17	<b>Fusible cilíndrico de 6 A.</b> Fusible cilíndrico para cada luminaria, gama Industrial, intensidad nominal 6 A, serie RT28, curva gG (estándar), dimensiones 10 x 38 mm. Incluye base para fusible cilíndrico, gama Industrial, número de polos 1P (monopolar), serie NRT28, intensidad nominal 32 A, dimensión 18 mm.	122	UD	122,00	122,00

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL18	<p><b>Interruptor Semanal Astronómico de 2 canales.</b></p> <p>Interruptor horario Astronómico Diario y Semanal de 2 canales conmutados de salida libres de tensión, tensión alimentación 230 V pero no necesaria para programación, protección ambiental IP20 según DIN EN 60529, clase de protección II según VDE 0633, modelo IH AST MC2, dispone de 56 ubicaciones de Memoria, permitiendo implementar la función astronómica junto con encendidos y apagados, ubicación exacta mediante código postal o coordenadas UTM, maniobra mínima de 1 minuto, display LCD iluminado, programación por NFC mediante Smartphone con aplicación gratuita de Android.</p>	4	UD	4,00	4,00
AL19	<p><b>Luminaria Philips BGP623 T25 DM11 LED110-4S/740 NO.</b></p> <p>Luminaria Philips de aluminio con cubierta de policarbonato, modelo BGP623 T25 LED110-4S/740 NO PSDD I DM11 GR DDF27 SRG1, serie de cuarta generación Luma 1, acabado lacado de color gris, regulable, de 65 W, factor de potencia mínimo de 0,96, de 720 x 435 x 130 mm, con 60 LED110, temperatura de color 4000 K, índice de reproducción del color mayor o igual de 70, temperatura de color 740 blanco neutro, flujo luminoso de las lámparas 11.000 lúmenes y de las luminarias 9.974 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK09, seguridad clase I, para fijar en soporte de 62 mm de diámetro, certificado ROHS.</p>	122	UD	122,00	122,00
AL20	<p><b>Columna de 9 metros AM-10 con brazo de 1 metro.</b></p> <p>Columna de 9 metros de altura AM-10 con brazo de 1 metro, colocado sobre dado de hormigón, fabricada en acero al carbono según Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo y, en base a la norma armonizada EN 40-5:2002 y galvanizadas por inmersión en caliente. Los fustes son troncocónicos de sección circular de una sola pieza (hasta un desarrollo de 9 metros) con placa base, cerco de refuerzo y 4 cartelas. El hueco de puerta está reforzado mediante un marco de pletina soldado al fuste. Todas las soldaduras son de características mecánicas superiores a las del material base. La unión entre la placa base y la cimentación se realizará mediante 4 pernos de acero S 235 Jr, ocho tuercas y ocho arandelas, todo ello cincado.</p>	122	UD	122,00	122,00

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL21	<b>Dado de hormigón H-250 para cimentación de columnas.</b> Dado de hormigón H-250 de dimensiones 0,8 x 0,8 x 1 m para cimentación de columnas, incluyendo excavación de pozo.	122	UD	122,00	122,00
AL22	<b>Pernos de 900 mm de longitud para anclaje de columna.</b> Pernos de 900 mm de longitud, rosca M27 de 130 mm para anclaje de columna o báculo.	488	UD	488,00	488,00
AL23	<b>Tuercas de M27 para anclaje de pernos.</b> Tuercas de M27 para anclaje de pernos en dado de hormigón H-250.	976	UD	976,00	976,00
AL24	<b>Arandelas cuadradas de 60 mm.</b> Arandelas cuadradas de 60 mm de lado, 8 mm de espesor y 28 mm de diámetro interior para sujeción de las tuercas de M27.	976	UD	976,00	976,00
AL25	<b>Cimentación para caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Cimentación para caja de superficie y caja de protección y medida CPM3-D4, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.	4	UD	4,00	4,00
AL26	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 60 cm.</b> Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60 x 60 x 60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5 x 68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN.	42	UD	42,00	42,00

Red de Distribución en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
AL27	<b>Toma de tierra con picas para soportes de luminarias.</b> Un electrodo cada 5 soportes de luminarias, siempre en el primero y en el último soporte de cada línea, para la red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Cincuenta metros de conductor de cobre desnudo, de 35 mm². Una grapa abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Un tercio del saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	30	UD	30,00	30,00
AL28	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	1.483,43	M	1.483,43	1.483,43
AL29	<b>Ensayo de conductores de AL según Normas de Fenosa.</b> Realización ensayo de conductores de línea de Alumbrado Público según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas de Alumbrado (AL), parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	16	UD	16,00	16,00

## 5.6 Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CA1	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 10 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 10 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	12	UD	12,00	12,00

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CA2	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 6 mm<sup>2</sup>.</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 6 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	72	M	72,00	72,00
CA3	<p><b>Condensadores de película FPG de 1,25 µF.</b></p> <p>Condensadores de película FPG de 1,25 µF, voltaje máximo DC 4500 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante AVX, serie 581-FPG86Z1254J, dieléctrico de polyester/ polipropileno 6, empaquetado bulk, diámetro 3,622 mm.</p>	2	UD	2,00	2,00
CA4	<p><b>Condensadores de película de 1,1 µF.</b></p> <p>Condensadores de película de 1,1 µF, voltaje máximo DC 1400 V, tolerancia 5%, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C44ARFP4110ZA0J, empaquetado bulk.</p>	10	UD	10,00	10,00
CA5	<p><b>Condensadores de película de 0,82 µF.</b></p> <p>Condensadores de película de 0,82 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32654A0824J000, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 31,5 x 19 x 30 mm.</p>	2	UD	2,00	2,00

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CA6	<b>Condensadores de película FPG de 0,75 µF.</b> Condensadores de película de 0,75 µF, voltaje máximo DC 850 V, voltaje máximo AC 450 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C4CAMUC3750ZA0J, dieléctrico de polyester / polipropileno, empaquetado bulk, longitud 33 mm.	10	UD	10,00	10,00
CA7	<b>Condensadores de seguridad de 0,6 µF.</b> Condensadores de seguridad de 0,6 µF, voltaje máximo DC 630 V, voltaje máximo AC 275 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante KEMET, serie 80-PME271M660KR30, dieléctrico de papel, empaquetado bulk, dimensiones 30,5 x 15,3 x 22 mm.	2	UD	2,00	2,00
CA8	<b>Condensadores de película de 0,56 µF.</b> Condensadores de película de 0,56 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32653A564K, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 29,5 x 26,5 x 14,5 mm.	10	UD	10,00	10,00
CA9	<b>Inductores fijos de 1 H.</b> Inductores fijos de 1 H, corriente de 18 A, fabricante Coiltronics / Eaton, serie 504-HCMP0704R1-1R0-R, empaquetado reel.	10	UD	10,00	10,00
CA10	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,9 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,9 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253444, diámetro 2,29 mm.	2	UD	2,00	2,00
CA11	<b>Inductores fijos de 0,56 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2510-10 de 0,56 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R56KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	10	UD	10,00	10,00

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CA12	<b>Inductores de 0,5 H.</b> Inductores fijos Choke de 0,5 H, tolerancia – 20 %, + 50 %, fabricante Triad Magnetics, serie 553 – C – 36X, dimensiones 1,5 x 2,38 x 1,38 pulgadas.	2	UD	2,00	2,00
CA13	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,37 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,37 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253441, diámetro 3,21 mm.	10	UD	10,00	10,00
CA14	<b>Inductores fijos de 0,33 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2507-10 de 0,33 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R33KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	2	UD	2,00	2,00

## 5.7 Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CP1	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm<sup>2</sup>.</b> Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	36	M	36,00	36,00



Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CP2	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.	12	M	12,00	12,00
CP3	<b>Condensador monofásico de MT de 150 kVA a 9,53 kV.</b> Condensador monofásico de Media Tensión de 150 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 150 / 9,53, código R8C1500009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 160 x 680 mm.	3	UD	3,00	3,00
CP4	<b>Condensador monofásico de MT de 500 kVA a 9,53 kV.</b> Condensador monofásico de Media Tensión de 500 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 500 / 9,53, código R8C5000009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 175 x 1140 mm.	3	UD	3,00	3,00
CP5	<b>Reactancia de choque de MT de 250 µH.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 250 µH, tipo RMV – 330 – 90 – 250, serie R80757, intensidad 90 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	3	UD	3,00	3,00
CP6	<b>Reactancia de choque de MT de 100 µH.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 100 µH, tipo RMV – 330 – 125 – 100, serie R80774, intensidad 125 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	3	UD	3,00	3,00

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
CP7	<b>Aparellaje de batería de condensadores automática de MT.</b> Aparellaje de batería de condensadores de compensación automática de Media Tensión con regulador varimétrico, diseñada con 3 escalones de 150 kVAr y 3 escalones de 500 kVAr, 3 reactancias de choque de 250 $\mu$ H y 3 reactancias de choque de 100 $\mu$ H, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cuadro eléctrico, pulsadores y contactores de maniobra, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	1	UD	1,00	1,00

### 5.8 Estudio de seguridad y salud

Estudio de seguridad y salud					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
SS1	<b>Estudio de seguridad y salud.</b> Estudio de seguridad y salud, redacción completa y presupuesto según se indica en el Anexo 9 y, estructurado de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecciones individuales.</li> <li>- Protecciones colectivas.</li> <li>- Instalaciones provisionales.</li> <li>- Medicina preventiva y primeros auxilios.</li> <li>- Prevención y formación.</li> </ul>	1	UD	1,00	1,00

## 5.9 Tramitaciones y permisos

Tramitaciones y permisos					
Nº	Descripción	UD	UM	Parcial	Cantidad
TR1	<b>Tramitaciones y permisos.</b>  Tramitaciones y permisos ante el Servicio Territorial de Industria de A Coruña, Unión Fenosa Distribución Sociedad Anónima y municipio de Narón, para la legalización de la instalación eléctrica de Media y Baja Tensión. Incluyendo pago de las tasas de publicación en el BOP, tasas de Industria, certificación y visado del proyecto, licencias, impuestos, seguros obligatorios, etc. Totalmente legalizada y con todos los permisos necesarios.	1	UD	1,00	1,00

**TÍTULO:   INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO PÚBLICO  
          DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL**

---

## **PRESUPUESTO**

---

**PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**

**AVDA. 19 DE FEBRERO, S/N**

**15405 - FERROL**

**FECHA:       JUNIO 2020**

**AUTOR:       EL ALUMNO**

**Fdo.:         PABLO MORGADE FERNÁNDEZ**

**ÍNDICE DEL DOCUMENTO PRESUPUESTO**

	Páginas
<b>6    PRESUPUESTO .....</b>	<b>874</b>
6.1    CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 1, PRECIOS UNITARIOS .....	874
6.2    CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 2, PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	905
6.3    PRESUPUESTOS PARCIALES .....	940
6.4    RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	974
6.5    PRESUPUESTO TOTAL .....	979

## 6 PRESUPUESTO

El presupuesto es uno de los documentos del Proyecto y tiene como misión determinar el coste económico, en unidades monetarias, de la ejecución material del objeto del Proyecto especificando las partidas ejecutadas por contrata y/o por administración.

Se debe basar en el documento de Mediciones y seguir su misma ordenación.

En los proyectos administrativos es suficiente un resumen de las partidas más importantes (obras, cada una de las instalaciones, mobiliario y maquinaria, medidas correctoras, prevención de incendios, etc.).

### 6.1 CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 1, PRECIOS UNITARIOS

#### ❖ Red de Distribución en Media Tensión.

Red de Distribución en Media Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
MT1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 538,60 m de zanja, con 0,60 m de ancho y 1,70 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	Veintisiete euros con cincuenta y seis céntimos	27,56
MT2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento y cubrición de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 26,7 cm de altura alrededor del circuito dúplex.	Trece euros con siete céntimos	13,07
MT3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Relleno principal de zanjas, altura 1,18 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	Dieciséis euros con cuarenta y cuatro céntimos	16,44
MT4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	Ciento veinticuatro euros con setenta y tres céntimos	124,73

Red de Distribución en Media Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
MT5	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 34 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,66 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	Veinticinco euros con treinta y un céntimos	25,31
MT6	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones, con <b>hormigón</b> no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central y vertido desde camión. Capa de 60,5 cm de altura en asiento y cubrición de tuberías.	Ochenta y cinco euros con cincuenta céntimos	85,50
MT7	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno principal de zanjas, altura 0,605 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	Dieciséis euros con cuarenta y cuatro céntimos	16,44
MT8	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 45 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (40 cm) y capa asfáltica (5 cm).	Ciento diecisiete euros con noventa y nueve céntimos	117,99
MT9	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b> Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	Veintiséis euros con dieciocho céntimos	26,18

Red de Distribución en Media Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
MT10	<p><b>Tubo corrugado de 125 mm para telecomunicaciones.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo corrugado de doble pared, de polietileno de alta densidad, según UNE-EN 50086-2-4, libre de halógenos, de color verde, y diámetro 125 mm para telecomunicaciones, según normas particulares de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución.</p>	Cinco euros con ochenta y dos céntimos	5,82
MT11	<p><b>Tributo verde de 40 mm para protección.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tributo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por tres tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona.</p>	Cuatro euros con cuarenta y un céntimos	4,41
MT12	<p><b>Tubo curvable de 160 mm.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.</p>	Seis euros con sesenta y ocho céntimos	6,68
MT13	<p><b>Arqueta eléctrica MT acceso prefabricado de tres tapas.</b></p> <p>Punto de acceso completamente ejecutado formado por arqueta prefabricada de hormigón de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 860 mm e interiores 1584 x 755 x 860 mm, cono suplementario prefabricado de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 368 mm e interiores 1584 x 755 x 338 mm y marco recto de fundición para tres tapas y tres tapas de fundición. Todos los elementos deberán ser suministrados por la empresa homologada de la compañía suministradora de energía eléctrica. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor, incluso parte proporcional de medios auxiliares, transporte, excavación y relleno perimetral posterior. Totalmente ejecutada conforme a las especificaciones de la compañía eléctrica.</p>	Ochocientos cincuenta y cinco euros con cincuenta y cuatro céntimos	855,54



Red de Distribución en Media Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
MT14	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	Un euro con ochenta y ocho céntimos	1,88
MT15	<b>Ensayo de conductores de MT según Normas de Fenosa.</b> Ensayo de conductores subterráneos de Media Tensión según Normas de Fenosa, realizado por laboratorio homologado por Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	Cuatrocientos cincuenta y siete euros con treinta y un céntimos	457,31

## ❖ Centro de Seccionamiento.

Centro de Seccionamiento			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CS1	<b>Edificio de hormigón compacto ECS-24.</b> Edificio de hormigón compacto modelo ECS-24, de dimensiones exteriores 1.243 x 2.000 y altura útil 1.326 mm, incluyendo su transporte y montaje.	Tres mil setecientos dieciséis euros con cero céntimos	3.716,00
CS2	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 2.200 x 2.440 mm para alojar el edificio prefabricado compacto ECS24, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 775 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	Quinientos setenta y un euros con cero céntimos	571,00
CS3	<b>Compacto Schneider Electric gama RM6.</b> Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 3L telemandada por GPRS/FO, referencia RM63LUF3TCG, resistencia arco interno IAC AFL 16 kA 1 segundo, para tres funciones de línea de 400 A, según las características detalladas en memoria, con capotes cubrebornas y lámparas de presencia de tensión, instalado.	Veinticinco mil ciento un euros con cero céntimos	25.101,00

Centro de Seccionamiento			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CS4	<b>Conectores apantallados.</b> Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16, 400 A para celda RM6.	Cuatrocientos diez euros con cero céntimos	410,00
CS5	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 4 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	Ochocientos veintinueve euros con cincuenta y dos céntimos	829,52
CS6	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	Seiscientos veinticuatro euros con cero céntimos	624,00
CS7	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	Ochenta y siete euros con cero céntimos	87,00
CS8	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	Diecisiete euros con cero céntimos	17,00
CS9	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	Diecisiete euros con cero céntimos	17,00
CS10	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en el Centro de Seccionamiento por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	Seiscientos euros con veinticuatro céntimos	600,24

## ❖ Centro de Transformación.

Centro de Transformación			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CT1	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 3.100 x 12.350 mm para alojar el edificio prefabricado modular M1/1/1, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 575 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	Mil ciento setenta y un euros con treinta y cinco céntimos	1.171,35
CT2	<b>Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6, modelo IM, referencia SIM16, con interruptor-seccionador en SF6 de 400 A con mando CIT manual, seccionador de puesta a tierra, juego de barras tripolar e indicadores testigo presencia de tensión instalados.	Dos mil doscientos cuarenta y seis euros con treinta y cinco céntimos	2.246,35
CT3	<b>Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6, modelo DM1C, referencia SDM1C16, con seccionador en SF6 con mando CS1, disyuntor tipo SF1 400 A en SF6 con mando RI manual, con bobina de apertura para relé Sepam, s.p.a.t., captadores de intensidad, Kit de referencia JLIKITSEP1C/S20 compuesto por cajón BT y relé SEPAM S20, y enclavamientos instalados.	Diez mil trescientos sesenta y ocho euros con treinta y cinco céntimos	10.368,35
CT4	<b>Cabina de medida Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de medida Schneider Electric gama SM6, modelo GBCD, referencia SGBCD3316, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión, según características detalladas en memoria, instalados.	Cinco mil ochocientos trece euros con treinta y cinco céntimos	5.813,35
CT5	<b>Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6, modelo QM, referencia JLSQM16BD, con interruptor-seccionador en SF6 con mando CI1 manual, bobina de apertura, fusibles con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos instalados.	Dos mil novecientos diecinueve euros con treinta y cinco céntimos	2.919,35

Centro de Transformación			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CT6	<p><b>Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado.</b></p> <p>Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado clase F, interior e IP00, de Schneider Electric (según Norma UNE 21538 y UE 548/2014 de ecodiseño). Bobinado AT continuo de gradiente lineal sin entrecapas. Bobinado BT con ensayo frecuencia industrial 10 kV. Ensayos climáticos E3, C3, F1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia nominal: 400 kVA.</li> <li>- Relación: 20/0,42 kV.</li> <li>- Tensión secundaria vacío: 420 V.</li> <li>- Tensión cortocircuito: 6%.</li> <li>- Regulación: <math>\pm 2,5 \%</math>, <math>\pm 5 \%</math>.</li> <li>- Grupo conexión: Dyn11.</li> <li>- Referencia: TRIHAL400-24.</li> </ul>	Trece mil cuatrocientos cuarenta y nueve euros con treinta y cinco céntimos	13.449,35
CT7	<p><b>Juego de puentes III de cables AT unipolares.</b></p> <p>Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.</p>	Seiscientos siete euros con treinta y cinco céntimos	607,35
CT8	<p><b>Juego de puentes de cables BT unipolares.</b></p> <p>Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0,6/1 kV de Al, de 2 x 240 mm<sup>2</sup> para las fases y de 1 x 240 mm<sup>2</sup> para el neutro y demás características según memoria.</p>	Dos mil cuarenta euros con treinta y cinco céntimos	2.040,35
CT9	<p><b>Equipo de sondas PTC y Convertidor Z.</b></p> <p>Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.</p>	Doscientos cincuenta y un euros con treinta y cinco céntimos	251,35

Centro de Transformación			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CT10	<b>Cuadro contador tarificador.</b> Cuadro contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.	Cinco mil trescientos setenta y ocho euros con treinta y cinco céntimos	5.378,35
CT11	<b>Tierras exteriores 5/62.</b> Tierras exteriores código 5/62 UNESA, incluyendo 8 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	Mil ciento diez euros con cincuenta y cuatro céntimos	1.110,54
CT12	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 14 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	Mil doscientos cuarenta y seis euros con diecisiete céntimos	1.246,17
CT13	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	Dos mil ciento setenta y tres euros con treinta y cinco céntimos	2.173,35
CT14	<b>Punto de luz incandescente.</b> Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	Cuatrocientos cincuenta y tres euros con treinta y cinco céntimos	453,35
CT15	<b>Punto de luz de emergencia.</b> Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	Cuatrocientos cincuenta y tres euros con treinta y cinco céntimos	453,35

Centro de Transformación			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CT16	<b>Extintor 89B.</b> Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	Doscientos cuarenta y cuatro euros con treinta y cinco céntimos	244,35
CT17	<b>Banqueta aislante.</b> Banqueta aislante para maniobrar aparamenta.	Doscientos ochenta y nueve euros con treinta y cinco céntimos	289,35
CT18	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	Ochenta y siete euros con cero céntimos	87,00
CT19	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	Diecisiete euros con cero céntimos	17,00
CT20	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	Diecisiete euros con cero céntimos	17,00
CT21	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en los Centros de Transformación por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	Seiscientos euros con veinticuatro céntimos	600,24

❖ **Red de Distribución en Baja Tensión.**

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT1	<p><b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de dos zonas:</p> <p>Zona 1: longitud 743,01 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,20 m de altura.</p> <p>Zona 2: longitud 743,01 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,44 m de altura.</p> <p>El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.</p>	Veintisiete euros con cincuenta y seis céntimos	27,56
BT2	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos.</p>	Trece euros con siete céntimos	13,07
BT3	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Relleno principal de zanjas, altura 0,91 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.</p>	Dieciséis euros con cuarenta y cuatro céntimos	16,44
BT4	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).</p>	Ciento veinticuatro euros con setenta y tres céntimos	124,73

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT5	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Cinco euros con doce céntimos	5,12
BT6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Siete euros con setenta céntimos	7,70



Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Diez euros con cuarenta y ocho céntimos	10,48
BT8	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 50 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 50 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Catorce euros con treinta y siete céntimos	14,37

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT9	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 70 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 70 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Veinte euros con cincuenta y nueve céntimos	20,59
BT10	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 95 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Veintiséis euros con dieciocho céntimos	26,18

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT11	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 120 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 120 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Treinta y tres euros con veinte céntimos	33,20
BT12	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 150 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 150 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Cuarenta y un euros con dieciocho céntimos	41,18

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT13	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 240 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 240 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Sesenta y cuatro euros con sesenta y dos céntimos	64,62
BT14	<p><b>Tubo curvable de 110 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	Cuatro euros con treinta céntimos	4,30
BT15	<p><b>Tubo curvable de 125 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 125 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	Cuatro euros con cincuenta y nueve céntimos	4,59

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT16	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	Seis euros con sesenta y ocho céntimos	6,68
BT17	<b>Tubo curvable de 200 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 200 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	Siete euros con cincuenta y seis céntimos	7,56
BT18	<b>Cuadro de baja tensión de 1600 A con 8 salidas para CT.</b> Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1810 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal. Incluye módulo de ampliación de cuadro de baja tensión, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1190 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal.	Dos mil doscientos ochenta y ocho euros con veintinueve céntimos	2.288,29
BT19	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 630 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 630 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 800 mm, según UNE-EN 60947-2.	Cuatro mil trescientos veintisiete euros con cuatro céntimos	4.327,04

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT20	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 250 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 250 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	Mil setecientos ochenta y seis euros con treinta y dos céntimos	1.786,32
BT21	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 200 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 200 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	Mil seiscientos catorce euros con ochenta y dos céntimos	1.614,82
BT22	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 160 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 160 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	Mil setenta y un euros con noventa y nueve céntimos	1.071,99
BT23	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 125 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 125 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	Cuatrocientos cuatro euros con cuarenta y un céntimos	404,41
BT24	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 100 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 100 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	Trescientos nueve euros con dieciocho céntimos	309,18
BT25	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 80 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 80 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	Doscientos ochenta y ocho euros con cuarenta y dos céntimos	288,42

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT26	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b></p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.</p>	Doscientos veintiún euros con treinta y cuatro céntimos	221,34
BT27	<p><b>Arqueta de conexión eléctrica de 80 cm.</b></p> <p>Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 80 x 80 x 110 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 89,5 x 88,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.</p>	Doscientos treinta y tres euros con sesenta y cinco céntimos	233,65
BT28	<p><b>Toma de tierra con picas para la CGP en cada nave industrial.</b></p> <p>Tres electrodos para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Siete metros de conductor de cobre desnudo, de 50 mm². Tres grapas abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.</p>	Doscientos cincuenta y cinco euros con ocho céntimos	255,08
BT29	<p><b>Cinta señalizadora de conductores.</b></p> <p>Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.</p>	Un euro con ochenta y ocho céntimos	1,88
BT30	<p><b>Ensayo de conductores de BT según Normas de Fenosa.</b></p> <p>Realización ensayo de conductores de línea de Baja Tensión según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas BT, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.</p>	Setenta y nueve euros con setenta y ocho céntimos	79,78

Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT31	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 250 A (fusibles 250 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 250 A, poder de corte 120 kA, tamaño T2, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	Cuatrocientos doce euros con trece céntimos	412,13
BT32	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 160 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 160 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	Trescientos cuarenta y nueve euros con sesenta y tres céntimos	349,63



Red de Distribución en Baja Tensión			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
BT33	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 100 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	Trescientos cuarenta y ocho euros con cuarenta y nueve céntimos	348,49
BT34	<p><b>Cimentación para caja general de protección CGP – 7.</b></p> <p>Cimentación para caja general de protección CGP – 7, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.</p>	Trescientos cincuenta y un euros con cincuenta y cinco céntimos	351,55

#### ❖ Red de Distribución en Alumbrado Público.

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL1	<p><b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 1.483,43 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,76 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.</p>	Veintisiete euros con cincuenta y seis céntimos	27,56

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL2	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura y 740,42 m de longitud, situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos donde no existe línea de baja tensión.</p>	Trece euros con siete céntimos	13,07
AL3	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Relleno principal de zanjas, altura 0,51 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.</p>	Dieciséis euros con cuarenta y cuatro céntimos	16,44
AL4	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).</p>	Ciento veinticuatro euros con setenta y tres céntimos	124,73
AL5	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Cinco euros con doce céntimos	5,12

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Siete euros con setenta céntimos	7,70
AL7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	Diez euros con cuarenta y ocho céntimos	10,48
AL8	<p><b>Tubo curvable de 90 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 90 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 20 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	Dos euros con ochenta y siete céntimos	2,87

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL9	<p><b>Tubo curvable de 110 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	Cuatro euros con treinta céntimos	4,30
AL10	<p><b>Caja de superficie con puerta opaca.</b></p> <p>Caja de superficie con puerta opaca para instalar en su interior la caja de protección y medida, de 800 x 250 x 1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035.</p>	Seiscientos cuarenta y cinco euros con cincuenta y tres céntimos	645,53
AL11	<p><b>Caja de protección y medida CPM3-D4.</b></p> <p>Caja de protección y medida CPM3-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 2 contadores trifásicos, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 09 según UNE-EN 50102.</p>	Trescientos noventa y cuatro euros con setenta céntimos	394,70
AL12	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b></p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.</p>	Doscientos setenta y seis euros con noventa y un céntimos	276,91
AL13	<p><b>Interruptor automático diferencial combinado bipolar de 50 A.</b></p> <p>Interruptor combinado con bloque diferencial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 50 A, serie NB1L (automático + bloque), clase AC, poder de corte 6 kA, curva C, sensibilidad 300 mA, tamaño de 4 módulos de 72 mm, según UNE-EN 61008-1.</p>	Doscientos siete euros con sesenta y dos céntimos	207,62

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL14	<b>Interruptor diferencial bipolar de 25 A.</b> Interruptor diferencial puro, gama Industrial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 25 A, serie NL1, clase AC, poder de corte 6 kA, sensibilidad 300 mA, según UNE-EN 61008-1.	Ciento setenta y cuatro euros con cincuenta y siete céntimos	174,57
AL15	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 16 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	Cincuenta y cinco euros con veintiséis céntimos	55,26
AL16	<b>Contactor modular 2NO de 63 A.</b> Contactor modular, gama Doméstica y Terciaria, número de contactos 2NO (dos normalmente abiertos), intensidad nominal 63 A, serie NCH8, tensión de la bobina 230 V de ca, tamaño de 2 módulos de 18 mm, según UNE-EN 61095.	Ciento veinticinco euros con setenta y ocho céntimos	125,78
AL17	<b>Fusible cilíndrico de 6 A.</b> Fusible cilíndrico para cada luminaria, gama Industrial, intensidad nominal 6 A, serie RT28, curva gG (estándar), dimensiones 10 x 38 mm. Incluye base para fusible cilíndrico, gama Industrial, número de polos 1P (monopolar), serie NRT28, intensidad nominal 32 A, dimensión 18 mm.	Seis euros con cuarenta céntimos	6,40
AL18	<b>Interruptor Semanal Astronómico de 2 canales.</b> Interruptor horario Astronómico Diario y Semanal de 2 canales conmutados de salida libres de tensión, tensión alimentación 230 V pero no necesaria para programación, protección ambiental IP20 según DIN EN 60529, clase de protección II según VDE 0633, modelo IH AST MC2, dispone de 56 ubicaciones de Memoria, permitiendo implementar la función astronómica junto con encendidos y apagados, ubicación exacta mediante código postal o coordenadas UTM, maniobra mínima de 1 minuto, display LCD iluminado, programación por NFC mediante Smartphone con aplicación gratuita de Android.	Ciento veinte euros con setenta y cinco céntimos	120,75

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL19	<p><b>Luminaria Philips BGP623 T25 DM11 LED110-4S/740 NO.</b></p> <p>Luminaria Philips de aluminio con cubierta de policarbonato, modelo BGP623 T25 LED110-4S/740 NO PSDD I DM11 GR DDF27 SRG1, serie de cuarta generación Luma 1, acabado lacado de color gris, regulable, de 65 W, factor de potencia mínimo de 0,96, de 720 x 435 x 130 mm, con 60 LED110, temperatura de color 4000 K, índice de reproducción del color mayor o igual de 70, temperatura de color 740 blanco neutro, flujo luminoso de las lámparas 11.000 lúmenes y de las luminarias 9.974 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK09, seguridad clase I, para fijar en soporte de 62 mm de diámetro, certificado ROHS.</p>	Setecientos sesenta y nueve euros con un céntimo	769,01
AL20	<p><b>Columna de 9 metros AM-10 con brazo de 1 metro.</b></p> <p>Columna de 9 metros de altura AM-10 con brazo de 1 metro, colocado sobre dado de hormigón, fabricada en acero al carbono según Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo y, en base a la norma armonizada EN 40-5:2002 y galvanizadas por inmersión en caliente. Los fustes son troncocónicos de sección circular de una sola pieza (hasta un desarrollo de 9 metros) con placa base, cerco de refuerzo y 4 cartelas. El hueco de puerta está reforzado mediante un marco de pletina soldado al fuste. Todas las soldaduras son de características mecánicas superiores a las del material base. La unión entre la placa base y la cimentación se realizará mediante 4 pernos de acero S 235 Jr, ocho tuercas y ocho arandelas, todo ello cincado.</p>	Quinientos tres euros con noventa y ocho céntimos	503,98
AL21	<p><b>Dado de hormigón H-250 para cimentación de columnas.</b></p> <p>Dado de hormigón H-250 de dimensiones 0,8 x 0,8 x 1 m para cimentación de columnas, incluyendo excavación de pozo.</p>	Sesenta y cinco euros con sesenta y siete céntimos	65,67
AL22	<p><b>Pernos de 900 mm de longitud para anclaje de columna.</b></p> <p>Pernos de 900 mm de longitud, rosca M27 de 130 mm para anclaje de columna o báculo.</p>	Tres euros con cuarenta y ocho céntimos	3,48

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL23	<b>Tuercas de M27 para anclaje de pernos.</b> Tuercas de M27 para anclaje de pernos en dado de hormigón H-250.	Cero euros con treinta y dos céntimos	0,32
AL24	<b>Arandelas cuadradas de 60 mm.</b> Arandelas cuadradas de 60 mm de lado, 8 mm de espesor y 28 mm de diámetro interior para sujeción de las tuercas de M27.	Cero euros con ocho céntimos	0,08
AL25	<b>Cimentación para caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Cimentación para caja de superficie y caja de protección y medida CPM3-D4, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.	Cuatrocientos cuarenta y cuatro euros con treinta y siete céntimos	444,37
AL26	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 60 cm.</b> Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60 x 60 x 60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5 x 68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN.	Ciento siete euros con cuarenta y siete céntimos	107,47
AL27	<b>Toma de tierra con picas para soportes de luminarias.</b> Un electrodo cada 5 soportes de luminarias, siempre en el primero y en el último soporte de cada línea, para la red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Cincuenta metros de conductor de cobre desnudo, de 35 mm². Una grapa abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Un tercio del saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	Cuatrocientos siete euros con veintiún céntimos	407,21
AL28	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	Un euro con ochenta y ocho céntimos	1,88

Red de Distribución en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
AL29	<b>Ensayo de conductores de AL según Normas de Fenosa.</b> Realización ensayo de conductores de línea de Alumbrado Público según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas de Alumbrado (AL), parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	Setenta y nueve euros con setenta y ocho céntimos	79,78

❖ **Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público.**

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CA1	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 10 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 10 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	Cincuenta y cinco euros con veintiséis céntimos	55,26
CA2	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 6 mm².</b> Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 6 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	Dos euros con sesenta céntimos	2,60
CA3	<b>Condensadores de película FPG de 1,25 µF.</b> Condensadores de película FPG de 1,25 µF, voltaje máximo DC 4500 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante AVX, serie 581-FPG86Z1254J, dieléctrico de polyester/ polipropileno 6, empaquetado bulk, diámetro 3,622 mm.	Setenta y cinco euros con sesenta y dos céntimos	75,62



Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CA4	<b>Condensadores de película de 1,1 µF.</b> Condensadores de película de 1,1 µF, voltaje máximo DC 1400 V, tolerancia 5%, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C44ARFP4110ZA0J, empaquetado bulk.	Treinta y cinco euros con setenta y un céntimos	35,71
CA5	<b>Condensadores de película de 0,82 µF.</b> Condensadores de película de 0,82 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32654A0824J000, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 31,5 x 19 x 30 mm.	Dos euros con cero céntimos	2,00
CA6	<b>Condensadores de película FPG de 0,75 µF.</b> Condensadores de película de 0,75 µF, voltaje máximo DC 850 V, voltaje máximo AC 450 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C4CAMUC3750ZA0J, dieléctrico de polyester / polipropileno, empaquetado bulk, longitud 33 mm.	Tres euros con ochenta y nueve céntimos	3,89
CA7	<b>Condensadores de seguridad de 0,6 µF.</b> Condensadores de seguridad de 0,6 µF, voltaje máximo DC 630 V, voltaje máximo AC 275 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante KEMET, serie 80-PME271M660KR30, dieléctrico de papel, empaquetado bulk, dimensiones 30,5 x 15,3 x 22 mm.	Cuatro euros con diecisiete céntimos	4,17
CA8	<b>Condensadores de película de 0,56 µF.</b> Condensadores de película de 0,56 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32653A564K, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 29,5 x 26,5 x 14,5 mm.	Un euro con sesenta y seis céntimos	1,66
CA9	<b>Inductores fijos de 1 H.</b> Inductores fijos de 1 H, corriente de 18 A, fabricante Coiltronics / Eaton, serie 504-HCMP0704R1-1R0-R, empaquetado reel.	Un euro con cinco céntimos	1,05

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CA10	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,9 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,9 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253444, diámetro 2,29 mm.	Cinco euros con treinta y cinco céntimos	5,35
CA11	<b>Inductores fijos de 0,56 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2510-10 de 0,56 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R56KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	Un euro con setenta y seis céntimos	1,76
CA12	<b>Inductores de 0,5 H.</b> Inductores fijos Choke de 0,5 H, tolerancia - 20 %, + 50 %, fabricante Triad Magnetics, serie 553 - C - 36X, dimensiones 1,5 x 2,38 x 1,38 pulgadas.	Diez euros con cuarenta y nueve céntimos	10,49
CA13	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,37 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,37 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253441, diámetro 3,21 mm.	Cinco euros con treinta y cinco céntimos	5,35
CA14	<b>Inductores fijos de 0,33 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2507-10 de 0,33 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R33KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	Un euro con ochenta y cuatro céntimos	1,84

## ❖ Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas.

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CP1	<p><b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm<sup>2</sup>.</b></p> <p>Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.</p>	Veintiséis euros con dieciocho céntimos	26,18
CP2	<p><b>Tubo curvable de 160 mm.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.</p>	Seis euros con sesenta y ocho céntimos	6,68
CP3	<p><b>Condensador monofásico de MT de 150 kVA a 9,53 kV.</b></p> <p>Condensador monofásico de Media Tensión de 150 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 150 / 9,53, código R8C1500009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 160 x 680 mm.</p>	Dos mil sesenta y ocho euros con noventa y cinco céntimos	2.068,95
CP4	<p><b>Condensador monofásico de MT de 500 kVA a 9,53 kV.</b></p> <p>Condensador monofásico de Media Tensión de 500 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 500 / 9,53, código R8C5000009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 175 x 1140 mm.</p>	Tres mil ochocientos cuatro euros con noventa céntimos	3.804,90
CP5	<p><b>Reactancia de choque de MT de 250 µH.</b></p> <p>Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 250 µH, tipo RMV – 330 – 90 – 250, serie R80757, intensidad 90 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.</p>	Mil quinientos diecisiete euros con veintiséis céntimos	1.517,26

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
CP6	<b>Reactancia de choque de MT de 100 µH.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 100 µH, tipo RMV – 330 – 125 – 100, serie R80774, intensidad 125 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	Mil quinientos sesenta y nueve euros con nueve céntimos	1.569,09
CP7	<b>Aparellaje de batería de condensadores automática de MT.</b> Aparellaje de batería de condensadores de compensación automática de Media Tensión con regulador varimétrico, diseñada con 3 escalones de 150 kVAr y 3 escalones de 500 kVAr, 3 reactancias de choque de 250 µH y 3 reactancias de choque de 100 µH, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cuadro eléctrico, pulsadores y contactores de maniobra, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	Cinco mil doscientos noventa y ocho euros con treinta y siete céntimos	5.298,37

#### ❖ Estudio de seguridad y salud.

Estudio de seguridad y salud			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
SS1	<b>Estudio de seguridad y salud.</b> Estudio de seguridad y salud, redacción completa y presupuesto según se indica en el Anexo 9 y, estructurado de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecciones individuales.</li> <li>- Protecciones colectivas.</li> <li>- Instalaciones provisionales.</li> <li>- Medicina preventiva y primeros auxilios.</li> <li>- Prevención y formación.</li> </ul>	Treinta y cinco mil cuatrocientos cincuenta y tres euros con veintiséis céntimos	35.453,26

❖ **Tramitaciones y permisos.**

Tramitaciones y permisos			
Nº	Descripción	Precio (€)	Precio (€)
TR1	<b>Tramitaciones y permisos.</b>  Tramitaciones y permisos ante el Servicio Territorial de Industria de A Coruña, Unión Fenosa Distribución Sociedad Anónima y municipio de Narón, para la legalización de la instalación eléctrica de Media y Baja Tensión. Incluyendo pago de las tasas de publicación en el BOP, tasas de Industria, certificación y visado del proyecto, licencias, impuestos, seguros obligatorios, etc. Totalmente legalizada y con todos los permisos necesarios.	Diez mil trescientos euros con seis céntimos	10.300,06

**6.2 CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 2, PRECIOS DESCOMPUESTOS**❖ **Red de Distribución en Media Tensión.**

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
MT1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 538,60 m de zanja, con 0,60 m de ancho y 1,70 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		9,47	15,06	0
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1,47	1,56	<b>27,56</b>
MT2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento y cubrición de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 26,7 cm de altura alrededor del circuito dúplex.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,02	3,14	5,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,70	0,74	<b>13,07</b>
MT3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Relleno principal de zanjas, altura 1,18 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,02	5,14	4,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,88	0,93	<b>16,44</b>

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
MT4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		18,87	7,14	85,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		6,66	7,06	<b>124,73</b>
MT5	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b>  Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 34 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,66 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		8,47	14,06	0
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1,35	1,43	<b>25,31</b>
MT6	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b>  Relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones, con <b>hormigón</b> no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central y vertido desde camión. Capa de 60,5 cm de altura en asiento y cubrición de tuberías.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,95	6,14	66,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		4,57	4,84	<b>85,50</b>
MT7	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b>  Relleno principal de zanjas, altura 0,605 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,02	5,14	4,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,88	0,93	<b>16,44</b>
MT8	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b>  Capa de <b>pavimento</b> de 45 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (40 cm) y capa asfáltica (5 cm).	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		17,87	9,14	78,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		6,30	6,68	<b>117,99</b>

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
MT9	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b>  Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,94	0,59	16,77
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1,40	1,48	<b>26,18</b>
MT10	<b>Tubo corrugado de 125 mm para telecomunicaciones.</b>  Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo corrugado de doble pared, de polietileno de alta densidad, según UNE-EN 50086-2-4, libre de halógenos, de color verde, y diámetro 125 mm para telecomunicaciones, según normas particulares de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,23	0,29	1,66
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,31	0,33	<b>5,82</b>
MT11	<b>Tributo verde de 40 mm para protección.</b>  Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tributo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por tres tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,23	0,29	0,40
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,24	0,25	<b>4,41</b>
MT12	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b>  Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,23	0,29	2,42
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,36	0,38	<b>6,68</b>

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
MT13	<b>Arqueta eléctrica MT acceso prefabricado de tres tapas.</b>  Punto de acceso completamente ejecutado formado por arqueta prefabricada de hormigón de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 860 mm e interiores 1584 x 755 x 860 mm, cono suplementario prefabricado de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 368 mm e interiores 1584 x 755 x 338 mm y marco recto de fundición para tres tapas y tres tapas de fundición. Todos los elementos deberán ser suministrados por la empresa homologada de la compañía suministradora de energía eléctrica. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor, incluso parte proporcional de medios auxiliares, transporte, excavación y relleno perimetral posterior. Totalmente ejecutada conforme a las especificaciones de la compañía eléctrica.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		19,63	15,54	726,25
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		45,69	48,43	<b>855,54</b>
MT14	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b>  Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		1,23	0,19	0,25
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,10	0,11	<b>1,88</b>
MT15	<b>Ensayo de conductores de MT según Normas de Fenosa.</b>  Ensayo de conductores subterráneos de Media Tensión según Normas de Fenosa, realizado por laboratorio homologado por Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		42,00	15,00	350,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		24,42	25,89	<b>457,31</b>



## ❖ Centro de Seccionamiento.

Centro de Seccionamiento				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CS1	<b>Edificio de hormigón compacto ECS-24.</b>  Edificio de hormigón compacto modelo ECS-24, de dimensiones exteriores 1.243 x 2.000 y altura útil 1.326 mm, incluyendo su transporte y montaje.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		80,02	72,86	3.154,34
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		198,43	210,34	<b>3.716,00</b>
CS2	<b>Excavación de foso.</b>  Excavación de un foso de dimensiones 2.200 x 2.440 mm para alojar el edificio prefabricado compacto ECS24, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 775 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		181,09	307,00	20,10
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		30,49	32,32	<b>571,00</b>
CS3	<b>Compacto Schneider Electric gama RM6.</b>  Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 3L telemandada por GPRS/FO, referencia RM63LUF3TCG, resistencia arco interno IAC AFL 16 kA 1 segundo, para tres funciones de línea de 400 A, según las características detalladas en memoria, con capotes cubrebornas y lámparas de presencia de tensión, instalado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		540,52	492,16	21.307,12
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1.340,39	1.420,81	<b>25.101,00</b>
CS4	<b>Conectores apantallados.</b>  Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16, 400 A para celda RM6.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		15,47	0	349,43
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		21,89	23,21	<b>410,00</b>
CS5	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b>  Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 4 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		31,01	6,70	700,56
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		44,30	46,95	<b>829,52</b>

Centro de Seccionamiento				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CS6	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		23,32	5,04	527,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		33,32	35,32	<b>624,00</b>
CS7	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0	0	77,43
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		4,65	4,92	<b>87,00</b>
CS8	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,91	0	14,22
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,91	0,96	<b>17,00</b>
CS9	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,91	0	14,22
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,91	0,96	<b>17,00</b>
CS10	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en el Centro de Seccionamiento por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		43,63	15,58	475,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		32,05	33,98	<b>600,24</b>

## ❖ Centro de Transformación.

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CT1	<b>Excavación de foso.</b>  Excavación de un foso de dimensiones 3.100 x 12.350 mm para alojar el edificio prefabricado modular M1/1/1, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 575 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		371,49	629,78	41,23
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		62,55	66,30	<b>1.171,35</b>
CT2	<b>Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6.</b>  Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6, modelo IM, referencia SIM16, con interruptor-seccionador en SF6 de 400 A con mando CIT manual, seccionador de puesta a tierra, juego de barras tripolar e indicadores testigo presencia de tensión instalados.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		48,37	44,05	1.906,83
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		119,95	127,45	<b>2.246,35</b>
CT3	<b>Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6.</b>  Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6, modelo DM1C, referencia SDM1C16, con seccionador en SF6 con mando CS1, disyuntor tipo SF1 400 A en SF6 con mando RI manual, con bobina de apertura para relé Sepam, s.p.a.t., captadores de intensidad, Kit de referencia JLIKITSEP1C/S20 compuesto por cajón BT y relé SEPAM S20, y enclavamientos instalados.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		223,26	221,28	8,801,25
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		553,67	586,99	<b>10.368,35</b>
CT4	<b>Cabina de medida Schneider Electric gama SM6.</b>  Cabina de medida Schneider Electric gama SM6, modelo GBCD, referencia SGBCD3316, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión, según características detalladas en memoria, instalados.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		125,18	113,97	4.934,71
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		310,43	329,06	<b>5.813,35</b>
CT5	<b>Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6.</b>  Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6, modelo QM, referencia JLJSQM16BD, con interruptor-seccionador en SF6 con mando CI1 manual, bobina de apertura, fusibles con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos instalados.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		62,86	57,24	2.478,11
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		155,89	162,25	<b>2.919,35</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CT6	<b>Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado.</b>  Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado clase F, interior e IP00, de Schneider Electric (según Norma UNE 21538 y UE 548/2014 de ecodiseño). Bobinado AT continuo de gradiente lineal sin entrecapas. Bobinado BT con ensayo frecuencia industrial 10 kV. Ensayos climáticos E3, C3, F1.  - Potencia nominal: 400 kVA. - Relación: 20/0,42 kV. - Tensión secundaria vacío: 420 V. - Tensión cortocircuito: 6%. - Regulación: $\pm 2,5 \%$ , $\pm 5 \%$ . - Grupo conexión: Dyn11. - Referencia: TRIHAL400-24.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		289,59	244,85	11.416,57
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		717,06	781,28	13.449,35
CT7	<b>Juego de puentes III de cables AT unipolares.</b>  Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm <sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		22,91	0	517,63
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		32,43	34,38	607,35
CT8	<b>Juego de puentes de cables BT unipolares.</b>  Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0,6/1 kV de Al, de 2 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro y demás características según memoria.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		134,91	0	1.681,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		108,95	115,49	2.040,35
CT9	<b>Equipo de sondas PTC y Convertidor Z.</b>  Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobrecorrientes, instalados.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		16,62	0	207,08
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		13,42	14,23	251,35

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CT10	<b>Cuadro contador tarificador.</b>  Cuadro contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		355,63	0	4.431,09
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		287,20	304,43	<b>5.378,35</b>
CT11	<b>Tierras exteriores 5/62.</b>  Tierras exteriores código 5/62 UNESA, incluyendo 8 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		41,51	8,97	937,90
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		59,30	62,86	<b>1.110,54</b>
CT12	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b>  Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 14 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		47,00	10,16	1.051,93
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		66,54	70,54	<b>1.246,17</b>
CT13	<b>Tierras interiores.</b>  Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		81,97	17,72	1.834,58
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		116,06	123,02	<b>2.173,35</b>
CT14	<b>Punto de luz incandescente.</b>  Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		90,67	0	312,81
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		24,21	25,66	<b>453,35</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CT15	<b>Punto de luz de emergencia.</b> Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		90,67	0	312,81
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		24,21	25,66	<b>453,35</b>
CT16	<b>Extintor 89B.</b> Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		48,87	0	168,60
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		13,05	13,83	<b>244,35</b>
CT17	<b>Banqueta aislante.</b> Banqueta aislante para maniobrar apartamentas.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0	0	257,52
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		15,45	16,38	<b>289,35</b>
CT18	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0	0	77,43
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		4,65	4,92	<b>87,00</b>
CT19	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,91	0	14,22
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,91	0,96	<b>17,00</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CT20	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	MO	Máquinas	Material
		0,91	0	14,22
		Otros	CI	Precio
		0,91	0,96	17,00
CT21	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en los Centros de Transformación por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	MO	Máquinas	Material
		43,63	15,58	475,00
		Otros	CI	Precio
		32,05	33,98	600,24

#### ❖ Red de Distribución en Baja Tensión.

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de dos zonas:  Zona 1: longitud 743,01 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,20 m de altura.  Zona 2: longitud 743,01 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,44 m de altura.  El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	MO	Máquinas	Material
		9,47	15,06	0
		Otros	CI	Precio
		1,47	1,56	27,56
BT2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de arena de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos.	MO	Máquinas	Material
		3,02	3,14	5,47
		Otros	CI	Precio
		0,70	0,74	13,07

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Relleno principal de zanjas, altura 0,91 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,02	5,14	4,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,88	0,93	16,44
BT4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		18,87	7,14	85,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		6,66	7,06	124,73
BT5	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		1,16	0,12	3,28
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,27	0,29	5,12



Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT6	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		1,75	0,17	4,93
		Otros	CI	Precio
		0,41	0,44	7,70
BT7	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		2,38	0,24	6,71
		Otros	CI	Precio
		0,56	0,59	10,48

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT8	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 50 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 50 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		3,26	0,32	9,21
		Otros	CI	Precio
		0,77	0,81	14,37
BT9	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 70 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 70 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		4,67	0,46	13,19
		Otros	CI	Precio
		1,10	1,17	20,59

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT10	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 95 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		5,94	0,59	16,77
		Otros	CI	Precio
		1,40	1,48	26,18
BT11	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 120 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 120 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		7,53	0,75	21,27
		Otros	CI	Precio
		1,77	1,88	33,20

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT12	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 150 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 150 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		9,34	0,93	26,38
		Otros	CI	Precio
		2,20	2,33	41,18
BT13	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 240 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 240 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		14,66	1,46	41,39
		Otros	CI	Precio
		3,45	3,66	64,62

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT14	<b>Tubo curvable de 110 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		2,08	0,19	1,56
		Otros	CI	Precio
		0,23	0,24	4,30
BT15	<b>Tubo curvable de 125 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 125 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		2,22	0,20	1,66
		Otros	CI	Precio
		0,25	0,26	4,59
BT16	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		3,23	0,29	2,42
		Otros	CI	Precio
		0,36	0,38	6,68
BT17	<b>Tubo curvable de 200 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 200 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		3,66	0,33	2,74
		Otros	CI	Precio
		0,40	0,43	7,56

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT18	<b>Cuadro de baja tensión de 1600 A con 8 salidas para CT.</b>  Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1810 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal. Incluye módulo de ampliación de cuadro de baja tensión, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1190 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		151,31	0	1.885,26
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		122,19	129,53	<b>2.288,29</b>
BT19	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 630 A.</b>  Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 630 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 800 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		192,41	0	3.658,64
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		231,06	244,93	<b>4.327,04</b>
BT20	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 250 A.</b>  Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 250 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		79,43	0	1.510,39
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		95,39	101,11	<b>1.786,32</b>
BT21	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 200 A.</b>  Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 200 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		71,81	0	1.365,37
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		86,23	91,41	<b>1.614,82</b>
BT22	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 160 A.</b>  Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 160 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		47,67	0	906,40
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		57,24	60,68	<b>1.071,99</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT23	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 125 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 125 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		17,98	0	341,94
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		21,60	22,89	<b>404,41</b>
BT24	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 100 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 100 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		13,75	0	261,42
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		16,51	17,50	<b>309,18</b>
BT25	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 80 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 80 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		12,83	0	243,86
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		15,40	16,33	<b>288,42</b>
BT26	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		9,84	0	187,15
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		11,82	12,53	<b>221,34</b>
BT27	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 80 cm.</b>  Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 80 x 80 x 110 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 89,5 x 88,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		20,33	7,50	180,11
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		12,48	13,23	<b>233,65</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT28	<b>Toma de tierra con picas para la CGP en cada nave industrial.</b>  Tres electrodos para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Siete metros de conductor de cobre desnudo, de 50 mm². Tres grapas abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	MO	Máquinas	Material
		9,62	2,08	215,32
		Otros	CI	Precio
		13,62	14,44	255,08
BT29	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b>  Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	MO	Máquinas	Material
		1,23	0,19	0,25
		Otros	CI	Precio
		0,10	0,11	1,88
BT30	<b>Ensayo de conductores de BT según Normas de Fenosa.</b>  Realización ensayo de conductores de línea de Baja Tensión según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas BT, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	MO	Máquinas	Material
		21,00	0	50,00
		Otros	CI	Precio
		4,26	4,52	79,78



Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT31	<b>Caja general de protección CGP – 7 de 250 A (fusibles 250 A).</b>  Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 250 A, poder de corte 120 kA, tamaño T2, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	MO	Máquinas	Material
		29,17	0	337,62
		Otros	CI	Precio
BT32	<b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 160 A).</b>  Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 160 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	MO	Máquinas	Material
		29,17	0	282,00
		Otros	CI	Precio
		18,67	19,79	349,63

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Coste (€)		
BT33	<b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 100 A).</b>  Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	MO	Máquinas	Material
		29,17	0	280,98
		Otros	CI	Precio
		18,61	19,73	348,49
BT34	<b>Cimentación para caja general de protección CGP – 7.</b>  Cimentación para caja general de protección CGP – 7, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.	MO	Máquinas	Material
		52,72	20,16	240,00
		Otros	CI	Precio
		18,77	19,90	351,55

#### ❖ Red de Distribución en Alumbrado Público.

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 1.483,43 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,76 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	MO	Máquinas	Material
		9,47	15,06	0
		Otros	CI	Precio
		1,47	1,56	27,56

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura y 740,42 m de longitud, situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos donde no existe línea de baja tensión.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,02	3,14	5,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,70	0,74	<b>13,07</b>
AL3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Relleno principal de zanjas, altura 0,51 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,02	5,14	4,47
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,88	0,93	<b>16,44</b>
AL4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b>  Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		18,87	7,14	85,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		6,66	7,06	<b>124,73</b>
AL5	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		1,16	0,12	3,28
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,27	0,29	<b>5,12</b>

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL6	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		1,75	0,17	4,93
		Otros	CI	Precio
AL7	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	MO	Máquinas	Material
		2,38	0,24	6,71
		Otros	CI	Precio
AL8	<b>Tubo curvable de 90 mm.</b>  Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 90 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 20 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		1,39	0,13	1,04
		Otros	CI	Precio
		0,15	0,16	2,87

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL9	<b>Tubo curvable de 110 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	MO	Máquinas	Material
		2,08	0,19	1,56
		Otros	CI	Precio
		0,23	0,24	4,30
AL10	<b>Caja de superficie con puerta opaca.</b> Caja de superficie con puerta opaca para instalar en su interior la caja de protección y medida, de 800 x 250 x 1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035.	MO	Máquinas	Material
		23,45	0	551,26
		Otros	CI	Precio
		34,28	36,54	645,53
AL11	<b>Caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Caja de protección y medida CPM3-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 2 contadores trifásicos, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 09 según UNE-EN 50102.	MO	Máquinas	Material
		39,45	0	311,74
		Otros	CI	Precio
		21,08	22,34	394,70
AL12	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	MO	Máquinas	Material
		12,31	0	234,14
		Otros	CI	Precio
		14,79	15,67	276,91

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL13	<b>Interruptor automático diferencial combinado bipolar de 50 A.</b>  Interruptor combinado con bloque diferencial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 50 A, serie NB1L (automático + bloque), clase AC, poder de corte 6 kA, curva C, sensibilidad 300 mA, tamaño de 4 módulos de 72 mm, según UNE-EN 61008-1.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		9,23	0	175,55
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		11,09	11,75	<b>207,62</b>
AL14	<b>Interruptor diferencial bipolar de 25 A.</b>  Interruptor diferencial puro, gama Industrial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 25 A, serie NL1, clase AC, poder de corte 6 kA, sensibilidad 300 mA, según UNE-EN 61008-1.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		7,76	0	147,61
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		9,32	9,88	<b>174,57</b>
AL15	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 16 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		2,46	0	46,72
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		2,95	3,13	<b>55,26</b>
AL16	<b>Contactor modular 2NO de 63 A.</b>  Contactor modular, gama Doméstica y Terciaria, número de contactos 2NO (dos normalmente abiertos), intensidad nominal 63 A, serie NCH8, tensión de la bobina 230 V de ca, tamaño de 2 módulos de 18 mm, según UNE-EN 61095.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,59	0	106,35
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		6,72	7,12	<b>125,78</b>
AL17	<b>Fusible cilíndrico de 6 A.</b>  Fusible cilíndrico para cada luminaria, gama Industrial, intensidad nominal 6 A, serie RT28, curva gG (estándar), dimensiones 10 x 38 mm. Incluye base para fusible cilíndrico, gama Industrial, número de polos 1P (monopolar), serie NRT28, intensidad nominal 32 A, dimensión 18 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,29	0	5,41
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,34	0,36	<b>6,40</b>

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL18	<b>Interruptor Semanal Astronómico de 2 canales.</b>  Interruptor horario Astronómico Diario y Semanal de 2 canales conmutados de salida libres de tensión, tensión alimentación 230 V pero no necesaria para programación, protección ambiental IP20 según DIN EN 60529, clase de protección II según VDE 0633, modelo IH AST MC2, dispone de 56 ubicaciones de Memoria, permitiendo implementar la función astronómica junto con encendidos y apagados, ubicación exacta mediante código postal o coordenadas UTM, maniobra mínima de 1 minuto, display LCD iluminado, programación por NFC mediante Smartphone con aplicación gratuita de Android.	MO	Máquinas	Material
		5,37	0	102,09
		Otros	CI	Precio
		6,45	6,84	120,75
AL19	<b>Luminaria Philips BGP623 T25 DM11 LED110-4S/740 NO.</b>  Luminaria Philips de aluminio con cubierta de policarbonato, modelo BGP623 T25 LED110-4S/740 NO PSDD I DM11 GR DDF27 SRG1, serie de cuarta generación Luma 1, acabado lacado de color gris, regulable, de 65 W, factor de potencia mínimo de 0,96, de 720 x 435 x 130 mm, con 60 LED110, temperatura de color 4000 K, índice de reproducción del color mayor o igual de 70, temperatura de color 740 blanco neutro, flujo luminoso de las lámparas 11.000 lúmenes y de las luminarias 9.974 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK09, seguridad clase I, para fijar en soporte de 62 mm de diámetro, certificado ROHS.	MO	Máquinas	Material
		22,66	11,75	650,00
		Otros	CI	Precio
		41,07	43,53	769,01
AL20	<b>Columna de 9 metros AM-10 con brazo de 1 metro.</b>  Columna de 9 metros de altura AM-10 con brazo de 1 metro, colocado sobre dado de hormigón, fabricada en acero al carbono según Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo y, en base a la norma armonizada EN 40-5:2002 y galvanizadas por inmersión en caliente. Los fustes son troncocónicos de sección circular de una sola pieza (hasta un desarrollo de 9 metros) con placa base, cerco de refuerzo y 4 cartelas. El hueco de puerta está reforzado mediante un marco de pletina soldado al fuste. Todas las soldaduras son de características mecánicas superiores a las del material base. La unión entre la placa base y la cimentación se realizará mediante 4 pernos de acero S 235 Jr, ocho tuercas y ocho arandelas, todo ello cincado.	MO	Máquinas	Material
		29,44	25,07	394,03
		Otros	CI	Precio
		26,91	28,53	503,98

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL21	<b>Dado de hormigón H-250 para cimentación de columnas.</b> Dado de hormigón H-250 de dimensiones 0,8 x 0,8 x 1 m para cimentación de columnas, incluyendo excavación de pozo.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		9,85	3,77	44,82
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		3,51	3,72	65,67
AL22	<b>Pernos de 900 mm de longitud para anclaje de columna.</b> Pernos de 900 mm de longitud, rosca M27 de 130 mm para anclaje de columna o báculo.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,35	0	2,74
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,19	0,20	3,48
AL23	<b>Tuercas de M27 para anclaje de pernos.</b> Tuercas de M27 para anclaje de pernos en dado de hormigón H-250.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,03	0	0,25
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,02	0,02	0,32
AL24	<b>Arandelas cuadradas de 60 mm.</b> Arandelas cuadradas de 60 mm de lado, 8 mm de espesor y 28 mm de diámetro interior para sujeción de las tuercas de M27.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,01	0	0,05
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,01	0,01	0,08
AL25	<b>Cimentación para caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Cimentación para caja de superficie y caja de protección y medida CPM3-D4, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		66,64	25,48	303,37
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		23,73	25,15	444,37



Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
AL26	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 60 cm.</b>  Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60 x 60 x 60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5 x 68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		19,22	3,02	73,41
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		5,74	6,08	<b>107,47</b>
AL27	<b>Toma de tierra con picas para soportes de luminarias.</b>  Un electrodo cada 5 soportes de luminarias, siempre en el primero y en el último soporte de cada línea, para la red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Cincuenta metros de conductor de cobre desnudo, de 35 mm². Una grapa abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Un tercio del saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		65,76	14,83	281,82
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		21,75	23,05	<b>407,21</b>
AL28	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b>  Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		1,23	0,19	0,25
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,10	0,11	<b>1,88</b>
AL29	<b>Ensayo de conductores de AL según Normas de Fenosa.</b>  Realización ensayo de conductores de línea de Alumbrado Público según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas de Alumbrado (AL), parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		21,00	0	50,00
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		4,26	4,52	<b>79,78</b>

## ❖ Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público.

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CA1	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 10 A.</b>  Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 10 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		2,46	0	46,72
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		2,95	3,13	<b>55,26</b>
CA2	<b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 6 mm².</b>  Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 6 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,59	0,06	1,66
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,14	0,15	<b>2,60</b>
CA3	<b>Condensadores de película FPG de 1,25 µF.</b>  Condensadores de película FPG de 1,25 µF, voltaje máximo DC 4500 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante AVX, serie 581-FPG86Z1254J, dieléctrico de polyester/ polipropileno 6, empaquetado bulk, diámetro 3,622 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,36	0	63,94
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		4,04	4,28	<b>75,62</b>
CA4	<b>Condensadores de película de 1,1 µF.</b>  Condensadores de película de 1,1 µF, voltaje máximo DC 1400 V, tolerancia 5%, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C44ARFP4110ZA0J, empaquetado bulk.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		1,59	0	30,19
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1,91	2,02	<b>35,71</b>

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CA5	<b>Condensadores de película de 0,82 µF.</b>  Condensadores de película de 0,82 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32654A0824J000, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 31,5 x 19 x 30 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,09	0	1,69
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,11	0,11	<b>2,00</b>
CA6	<b>Condensadores de película FPG de 0,75 µF.</b>  Condensadores de película de 0,75 µF, voltaje máximo DC 850 V, voltaje máximo AC 450 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C4CAMUC3750ZA0J, dieléctrico de polyester / polipropileno, empaquetado bulk, longitud 33 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,17	0	3,29
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,21	0,22	<b>3,89</b>
CA7	<b>Condensadores de seguridad de 0,6 µF.</b>  Condensadores de seguridad de 0,6 µF, voltaje máximo DC 630 V, voltaje máximo AC 275 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante KEMET, serie 80-PME271M660KR30, dieléctrico de papel, empaquetado bulk, dimensiones 30,5 x 15,3 x 22 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,19	0	3,52
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,22	0,24	<b>4,17</b>
CA8	<b>Condensadores de película de 0,56 µF.</b>  Condensadores de película de 0,56 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32653A564K, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 29,5 x 26,5 x 14,5 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,07	0	1,41
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,09	0,09	<b>1,66</b>
CA9	<b>Inductores fijos de 1 H.</b>  Inductores fijos de 1 H, corriente de 18 A, fabricante Coiltronics / Eaton, serie 504-HCMP0704R1-1R0-R, empaquetado reel.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,05	0	0,88
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,06	0,06	<b>1,05</b>

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CA10	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,9 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,9 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253444, diámetro 2,29 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,24	0	4,52
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,29	0,30	<b>5,35</b>
CA11	<b>Inductores fijos de 0,56 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2510-10 de 0,56 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R56KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,08	0	1,49
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,09	0,10	<b>1,76</b>
CA12	<b>Inductores de 0,5 H.</b> Inductores fijos Choke de 0,5 H, tolerancia - 20 %, + 50 %, fabricante Triad Magnetics, serie 553 - C - 36X, dimensiones 1,5 x 2,38 x 1,38 pulgadas.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,47	0	8,87
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,56	0,59	<b>10,49</b>
CA13	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,37 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,37 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253441, diámetro 3,21 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,24	0	4,52
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,29	0,30	<b>5,35</b>
CA14	<b>Inductores fijos de 0,33 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2507-10 de 0,33 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R33KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		0,08	0	1,56
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,10	0,10	<b>1,84</b>

## ❖ Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas.

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CP1	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b>  Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		5,94	0,59	16,77
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		1,40	1,48	<b>26,18</b>
CP2	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b>  Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		3,23	0,29	2,42
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		0,36	0,38	<b>6,68</b>
CP3	<b>Condensador monofásico de MT de 150 kVA a 9,53 kV.</b>  Condensador monofásico de Media Tensión de 150 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 150 / 9,53, código R8C1500009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 160 x 680 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		91,93	0	1.749,43
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		110,48	117,11	<b>2.068,95</b>
CP4	<b>Condensador monofásico de MT de 500 kVA a 9,53 kV.</b>  Condensador monofásico de Media Tensión de 500 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 500 / 9,53, código R8C5000009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 175 x 1140 mm.	<b>MO</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Material</b>
		169,07	0	3.217,28
		<b>Otros</b>	<b>CI</b>	<b>Precio</b>
		203,18	215,37	<b>3.804,90</b>

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas				
Nº	Descripción	Coste (€)		
CP5	<b>Reactancia de choque de MT de 250 µH.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 250 µH, tipo RMV – 330 – 90 – 250, serie R80757, intensidad 90 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	MO	Máquinas	Material
		67,42	0	1.282,94
		Otros	CI	Precio
		81,02	85,88	1.517,26
CP6	<b>Reactancia de choque de MT de 100 µH.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 100 µH, tipo RMV – 330 – 125 – 100, serie R80774, intensidad 125 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	MO	Máquinas	Material
		69,72	0	1.326,76
		Otros	CI	Precio
		83,79	88,82	1.569,09
CP7	<b>Aparellaje de batería de condensadores automática de MT.</b> Aparellaje de batería de condensadores de compensación automática de Media Tensión con regulador varmétrico, diseñada con 3 escalones de 150 kVAr y 3 escalones de 500 kVAr, 3 reactancias de choque de 250 µH y 3 reactancias de choque de 100 µH, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cuadro eléctrico, pulsadores y contactores de maniobra, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	MO	Máquinas	Material
		235,43	0	4.480,10
		Otros	CI	Precio
		282,93	299,91	5.298,37

❖ **Estudio de seguridad y salud.**

Estudio de seguridad y salud		
Nº	Descripción	Coste (€)
SS1	<b>Estudio de seguridad y salud.</b> Estudio de seguridad y salud, redacción completa y presupuesto según se indica en el Anexo 9 y, estructurado de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecciones individuales.</li> <li>- Protecciones colectivas.</li> <li>- Instalaciones provisionales.</li> <li>- Medicina preventiva y primeros auxilios.</li> <li>- Prevención y formación.</li> </ul>	Precio
		35.453,26

❖ **Tramitaciones y permisos.**

Tramitaciones y permisos				
Nº	Descripción	Coste (€)		
TR1	<b>Tramitaciones y permisos.</b> Tramitaciones y permisos ante el Servicio Territorial de Industria de A Coruña, Unión Fenosa Distribución Sociedad Anónima y municipio de Narón, para la legalización de la instalación eléctrica de Media y Baja Tensión. Incluyendo pago de las tasas de publicación en el BOP, tasas de Industria, certificación y visado del proyecto, licencias, impuestos, seguros obligatorios, etc. Totalmente legalizada y con todos los permisos necesarios.	MO	Máquinas	Material
		457,66	0	8.709,36
		Otros	CI	Precio
		550,02	583,02	10.300,06

### 6.3 PRESUPUESTOS PARCIALES

#### ❖ Red de Distribución en Media Tensión.

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
MT1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 538,60 m de zanja, con 0,60 m de ancho y 1,70 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	549,37	27,56	15.140,64
MT2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento y cubrición de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 26,7 cm de altura alrededor del circuito dúplex.	86,28	13,07	1.127,68
MT3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Relleno principal de zanjas, altura 1,18 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	382,30	16,44	6.285,01
MT4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	80,79	124,73	10.076,94
MT5	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 34 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,66 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	22,58	25,31	571,50



Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
MT6	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones, con <b>hormigón</b> no estructural HNE-15/B/20, fabricado en central y vertido desde camión. Capa de 60,5 cm de altura en asiento y cubrición de tuberías.	8,23	85,50	<b>703,67</b>
MT7	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Relleno principal de zanjas, altura 0,605 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	8,23	16,44	<b>135,30</b>
MT8	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en calzada.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 45 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (40 cm) y capa asfáltica (5 cm).	6,12	117,99	<b>722,10</b>
MT9	<b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b> Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	3.195,60	26,18	<b>83.660,81</b>
MT10	<b>Tubo corrugado de 125 mm para telecomunicaciones.</b> Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo corrugado de doble pared, de polietileno de alta densidad, según UNE-EN 50086-2-4, libre de halógenos, de color verde, y diámetro 125 mm para telecomunicaciones, según normas particulares de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución.	34,00	5,82	<b>197,88</b>

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
MT11	<p><b>Tributo verde de 40 mm para protección.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tributo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) libre de halógenos, color verde, de 40 mm de diámetro nominal y 3 mm de espesor formado por tres tubos iguales, unidos entre sí, con la pared interior estriada longitudinalmente y recubierta con silicona.</p>	3.195,60	4,41	<b>14.092,60</b>
MT12	<p><b>Tubo curvable de 160 mm.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.</p>	102,00	6,68	<b>681,36</b>
MT13	<p><b>Arqueta eléctrica MT acceso prefabricado de tres tapas.</b></p> <p>Punto de acceso completamente ejecutado formado por arqueta prefabricada de hormigón de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 860 mm e interiores 1584 x 755 x 860 mm, cono suplementario prefabricado de dimensiones exteriores 1795 x 965 x 368 mm e interiores 1584 x 755 x 338 mm y marco recto de fundición para tres tapas y tres tapas de fundición. Todos los elementos deberán ser suministrados por la empresa homologada de la compañía suministradora de energía eléctrica. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor, incluso parte proporcional de medios auxiliares, transporte, excavación y relleno perimetral posterior. Totalmente ejecutada conforme a las especificaciones de la compañía eléctrica.</p>	11,00	855,54	<b>9.410,94</b>

Red de Distribución en Media Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
MT14	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	566,60	1,88	<b>1.065,21</b>
MT15	<b>Ensayo de conductores de MT según Normas de Fenosa.</b> Ensayo de conductores subterráneos de Media Tensión según Normas de Fenosa, realizado por laboratorio homologado por Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	10,00	457,31	<b>4.573,1</b>

#### ❖ Centro de Seccionamiento.

Centro de Seccionamiento				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CS1	<b>Edificio de hormigón compacto ECS-24.</b> Edificio de hormigón compacto modelo ECS-24, de dimensiones exteriores 1.243 x 2.000 y altura útil 1.326 mm, incluyendo su transporte y montaje.	1,00	3.716,00	<b>3.716,00</b>
CS2	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 2.200 x 2.440 mm para alojar el edificio prefabricado compacto ECS24, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 775 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	1,00	571,00	<b>571,00</b>

Centro de Seccionamiento				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CS3	<b>Compacto Schneider Electric gama RM6.</b> Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 3L telemandada por GPRS/FO, referencia RM63LUF3TCG, resistencia arco interno IAC AFL 16 kA 1 segundo, para tres funciones de línea de 400 A, según las características detalladas en memoria, con capotes cubrebornas y lámparas de presencia de tensión, instalado.	1,00	25.101,00	<b>25.101,00</b>
CS4	<b>Conectores apantallados.</b> Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16, 400 A para celda RM6.	3,00	410,00	<b>1.230,00</b>
CS5	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 4 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	1,00	829,52	<b>829,52</b>
CS6	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	1,00	624,00	<b>624,00</b>
CS7	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	1,00	87,00	<b>87,00</b>
CS8	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	2,00	17,00	<b>34,00</b>
CS9	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	1,00	17,00	<b>17,00</b>
CS10	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en el Centro de Seccionamiento por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	1,00	600,24	<b>600,24</b>

## ❖ Centro de Transformación.

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CT1	<b>Excavación de foso.</b> Excavación de un foso de dimensiones 3.100 x 12.350 mm para alojar el edificio prefabricado modular M1/1/1, con un lecho de arena nivelada de 150 mm (quedando una profundidad de foso libre de 575 mm) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	4,00	1.171,35	<b>4.685,40</b>
CT2	<b>Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de interruptor de línea Schneider Electric gama SM6, modelo IM, referencia SIM16, con interruptor-seccionador en SF6 de 400 A con mando CIT manual, seccionador de puesta a tierra, juego de barras tripolar e indicadores testigo presencia de tensión instalados.	8,00	2.246,35	<b>17.970,80</b>
CT3	<b>Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina disyuntor Schneider Electric gama SM6, modelo DM1C, referencia SDM1C16, con seccionador en SF6 con mando CS1, disyuntor tipo SF1 400 A en SF6 con mando RI manual, con bobina de apertura para relé Sepam, s.p.a.t., captadores de intensidad, Kit de referencia JLKITSEP1C/S20 compuesto por cajón BT y relé SEPAM S20, y enclavamientos instalados.	4,00	10.368,35	<b>41.473,40</b>
CT4	<b>Cabina de medida Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina de medida Schneider Electric gama SM6, modelo GBCD, referencia SGBCD3316, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión, según características detalladas en memoria, instalados.	4,00	5.813,35	<b>23.253,40</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CT5	<b>Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6.</b> Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6, modelo QM, referencia JLSQM16BD, con interruptor-seccionador en SF6 con mando CI1 manual, bobina de apertura, fusibles con señalización fusión, seccionador p.a.t, indicadores presencia de tensión y enclavamientos instalados.	8,00	2.919,35	<b>23.354,80</b>
CT6	<b>Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado.</b> Transformador trifásico reductor tipo seco encapsulado clase F, interior e IP00, de Schneider Electric (según Norma UNE 21538 y UE 548/2014 de ecodiseño). Bobinado AT continuo de gradiente lineal sin entrecapas. Bobinado BT con ensayo frecuencia industrial 10 kV. Ensayos climáticos E3, C3, F1. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia nominal: 400 kVA.</li> <li>- Relación: 20/0,42 kV.</li> <li>- Tensión secundaria vacío: 420 V.</li> <li>- Tensión cortocircuito: 6%.</li> <li>- Regulación: <math>\pm 2,5 \%</math>, <math>\pm 5 \%</math>.</li> <li>- Grupo conexión: Dyn11.</li> <li>- Referencia: TRIHAL400-24.</li> </ul>	8,00	13.449,35	<b>107.594,80</b>
CT7	<b>Juego de puentes III de cables AT unipolares.</b> Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm <sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.	8,00	607,35	<b>4.858,80</b>
CT8	<b>Juego de puentes de cables BT unipolares.</b> Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0,6/1 kV de Al, de 2 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro y demás características según memoria.	8,00	2.040,35	<b>16.322,80</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CT9	<b>Equipo de sondas PTC y Convertidor Z.</b> Equipo de sondas PTC y Convertidor Z, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.	8,00	251,35	<b>2.010,80</b>
CT10	<b>Cuadro contador tarificador.</b> Cuadro contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.	4,00	5.378,35	<b>21.513,40</b>
CT11	<b>Tierras exteriores 5/62.</b> Tierras exteriores código 5/62 UNESA, incluyendo 8 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	4,00	1.110,54	<b>4.442,16</b>
CT12	<b>Tierras exteriores 40-30/5/42.</b> Tierras exteriores código 40-30/5/42 UNESA, incluyendo 14 picas de 2,00 m de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1 kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	4,00	1.246,17	<b>4.984,68</b>
CT13	<b>Tierras interiores.</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	4,00	2.173,35	<b>8.693,40</b>
CT14	<b>Punto de luz incandescente.</b> Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	8,00	453,35	<b>3.626,80</b>

Centro de Transformación				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CT15	<b>Punto de luz de emergencia.</b> Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	4,00	453,35	<b>1.813,40</b>
CT16	<b>Extintor 89B.</b> Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	4,00	244,35	<b>977,40</b>
CT17	<b>Banqueta aislante.</b> Banqueta aislante para maniobrar aparamenta.	4,00	289,35	<b>1.157,40</b>
CT18	<b>Guantes de maniobra.</b> Par de guantes de maniobra.	4,00	87,00	<b>348,00</b>
CT19	<b>Placa reglamentaria Peligro de Muerte.</b> Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	8,00	17,00	<b>68,00</b>
CT20	<b>Placa reglamentaria Primeros Auxilios.</b> Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	4,00	17,00	<b>68,00</b>
CT21	<b>Mediciones Puesta a Tierra y Tensiones Paso-Contacto.</b> Realización de mediciones de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto a realizar en los Centros de Transformación por empresa homologada. Incluyendo informe final de resultados, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	4,00	600,24	<b>2.400,96</b>



## ❖ Red de Distribución en Baja Tensión.

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT1	<p><b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de dos zonas:</p> <p>Zona 1: longitud 743,01 m de zanja, con 0,40 m de ancho y 1,20 m de altura.</p> <p>Zona 2: longitud 743,01 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,44 m de altura.</p> <p>El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.</p>	422,03	27,56	11.631,15
BT2	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos.</p>	17,83	13,07	233,04
BT3	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Relleno principal de zanjas, altura 0,91 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.</p>	329,90	16,44	5.423,56
BT4	<p><b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b></p> <p>Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).</p>	74,30	124,73	9.267,44

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT5	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	259,33	5,12	1.327,77
BT6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	498,98	7,70	3.842,15

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.020,16	10,48	10.691,28
BT8	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 50 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 50 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.440,33	14,37	20.697,54

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT9	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 70 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 70 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.591,65	20,59	<b>32.772,07</b>
BT10	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 95 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	1.045,44	26,18	<b>27.369,62</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT11	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 120 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 120 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	810,87	33,20	<b>26.920,88</b>
BT12	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 150 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 150 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	653,28	41,18	<b>26.902,07</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT13	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 240 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 240 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	252,00	64,62	<b>16.284,24</b>
BT14	<p><b>Tubo curvable de 110 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	259,33	4,30	<b>1.115,12</b>
BT15	<p><b>Tubo curvable de 125 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 125 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	363,95	4,59	<b>1.670,53</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT16	<b>Tubo curvable de 160 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	1.185,73	6,68	7.920,68
BT17	<b>Tubo curvable de 200 mm.</b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 200 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	84,00	7,56	635,04
BT18	<b>Cuadro de baja tensión de 1600 A con 8 salidas para CT.</b> Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1810 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal. Incluye módulo de ampliación de cuadro de baja tensión, de 440 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, 580 x 300 x 1190 mm, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal.	8,00	2.288,29	18.306,32
BT19	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 630 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 630 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 800 mm, según UNE-EN 60947-2.	8,00	4.327,04	34.616,32

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT20	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 250 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 250 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	1,00	1.786,32	<b>1.786,32</b>
BT21	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 200 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 200 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	6,00	1.614,82	<b>9.688,92</b>
BT22	<b>Interruptor electromecánico tetrapolar de 160 A.</b> Interruptor de caja moldeada electromecánico, gama Terciaria e Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 160 A, serie NM8, poder de corte estándar tipo S de 50 kA, montaje fijo, mando manual, tamaño de 250 mm, según UNE-EN 60947-2.	10,00	1.071,99	<b>10.719,90</b>
BT23	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 125 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 125 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	12,00	404,41	<b>4.852,92</b>
BT24	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 100 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 100 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.	1,00	309,18	<b>309,18</b>



Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT25	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 80 A.</b></p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 80 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.</p>	1,00	288,42	<b>288,42</b>
BT26	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b></p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie DZ158, poder de corte 10 kA, curva 8 - 12xIn, tamaño de 6 módulos de 27 mm, según UNE-EN 60947-2.</p>	5,00	221,34	<b>1.106,70</b>
BT27	<p><b>Arqueta de conexión eléctrica de 80 cm.</b></p> <p>Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 80 x 80 x 110 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 89,5 x 88,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.</p>	44,00	233,65	<b>10.280,60</b>
BT28	<p><b>Toma de tierra con picas para la CGP en cada nave industrial.</b></p> <p>Tres electrodos para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Siete metros de conductor de cobre desnudo, de 50 mm². Tres grapas abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.</p>	35,00	255,08	<b>8.927,80</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT29	<b>Cinta señalizadora de conductores.</b> Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	743,01	1,88	<b>1.396,86</b>
BT30	<b>Ensayo de conductores de BT según Normas de Fenosa.</b> Realización ensayo de conductores de línea de Baja Tensión según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas BT, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	35,00	79,78	<b>2.792,30</b>
BT31	<b>Caja general de protección CGP – 7 de 250 A (fusibles 250 A).</b> Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 250 A, poder de corte 120 kA, tamaño T2, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	7,00	412,13	<b>2.884,91</b>

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT32	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 160 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 160 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	22,00	349,63	7.691,86

Red de Distribución en Baja Tensión				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
BT33	<p><b>Caja general de protección CGP – 7 de 160 A (fusibles 100 A).</b></p> <p>Caja general de protección CGP – 7, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 160 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102. Tres fusibles de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 100 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00, según UNE-EN 60269-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Tres metros de tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1. Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección. Material auxiliar para instalaciones eléctricas.</p>	6,00	348,49	2.090,94
BT34	<p><b>Cimentación para caja general de protección CGP – 7.</b></p> <p>Cimentación para caja general de protección CGP – 7, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.</p>	35,00	351,55	12.304,25

## ❖ Red de Distribución en Alumbrado Público.

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL1	<b>Excavación de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Excavación a cielo abierto de zanja, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos en acera, y carga a camión. Comprende la apertura y demolición de longitud 1.483,43 m de zanja, con 0,20 m de ancho y 0,76 m de altura. El precio incluye la carga y el transporte de los materiales excavados con retiro de tierras sobrantes.	255,10	27,56	7.030,56
AL2	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Suministro y colocación de <b>arena</b> de 0 a 5 mm de diámetro en asiento de tuberías o conductores, extendida, humectada, rasanteada, mediante compactado a máquina para restablecimiento de zanja. Capa de 4 cm de altura y 740,42 m de longitud, situada en el fondo de la zanja por debajo de los tubos donde no existe línea de baja tensión.	29,62	13,07	387,13
AL3	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Relleno principal de zanjas, altura 0,51 m para instalaciones, con tierras de la propia excavación y compactación al 95 % de <b>Proctor Modificado</b> con bandeja vibrante de guiado manual.	151,31	16,44	2.487,54
AL4	<b>Relleno de zanja, con medios mecánicos en acera.</b> Capa de <b>pavimento</b> de 25 cm de grosor mediante la utilización de medios mecánicos que permiten restablecer el tapado total de la zanja. Pavimento formado por capa de hormigón aglomerado G-20 (20 cm) y capa de baldosas (5 cm).	74,17	124,73	9.251,22

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL5	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 16 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	4.275,71	5,12	21.891,64
AL6	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 25 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	8.321,10	7,70	64.072,47

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL7	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 35 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	172,74	10,48	<b>1.810,32</b>
AL8	<p><b>Tubo curvable de 90 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 90 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 20 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	4.160,55	2,87	<b>11.940,78</b>
AL9	<p><b>Tubo curvable de 110 mm.</b></p> <p>Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 28 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.</p>	57,58	4,30	<b>247,59</b>

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL10	<b>Caja de superficie con puerta opaca.</b> Caja de superficie con puerta opaca para instalar en su interior la caja de protección y medida, de 800 x 250 x 1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035.	4,00	645,53	<b>2.582,12</b>
AL11	<b>Caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Caja de protección y medida CPM3-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 2 contadores trifásicos, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 09 según UNE-EN 50102.	4,00	394,70	<b>1.578,80</b>
AL12	<b>Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 63 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 4P (tetrapolar), intensidad nominal 63 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	4,00	276,91	<b>1.107,64</b>
AL13	<b>Interruptor automático diferencial combinado bipolar de 50 A.</b> Interruptor combinado con bloque diferencial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 50 A, serie NB1L (automático + bloque), clase AC, poder de corte 6 kA, curva C, sensibilidad 300 mA, tamaño de 4 módulos de 72 mm, según UNE-EN 61008-1.	12,00	207,62	<b>2.491,44</b>



Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL14	<b>Interruptor diferencial bipolar de 25 A.</b> Interruptor diferencial puro, gama Industrial, gama Doméstica, Terciaria e Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 25 A, serie NL1, clase AC, poder de corte 6 kA, sensibilidad 300 mA, según UNE-EN 61008-1.	4,00	174,57	698,28
AL15	<b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A.</b> Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 16 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.	4,00	55,26	221,04
AL16	<b>Contactador modular 2NO de 63 A.</b> Contactador modular, gama Doméstica y Terciaria, número de contactos 2NO (dos normalmente abiertos), intensidad nominal 63 A, serie NCH8, tensión de la bobina 230 V de ca, tamaño de 2 módulos de 18 mm, según UNE-EN 61095.	4,00	125,78	503,12
AL17	<b>Fusible cilíndrico de 6 A.</b> Fusible cilíndrico para cada luminaria, gama Industrial, intensidad nominal 6 A, serie RT28, curva gG (estándar), dimensiones 10 x 38 mm. Incluye base para fusible cilíndrico, gama Industrial, número de polos 1P (monopolar), serie NRT28, intensidad nominal 32 A, dimensión 18 mm.	122,00	6,40	780,80
AL18	<b>Interruptor Semanal Astronómico de 2 canales.</b> Interruptor horario Astronómico Diario y Semanal de 2 canales conmutados de salida libres de tensión, tensión alimentación 230 V pero no necesaria para programación, protección ambiental IP20 según DIN EN 60529, clase de protección II según VDE 0633, modelo IH AST MC2, dispone de 56 ubicaciones de Memoria, permitiendo implementar la función astronómica junto con encendidos y apagados, ubicación exacta mediante código postal o coordenadas UTM, maniobra mínima de 1 minuto, display LCD iluminado, programación por NFC mediante Smartphone con aplicación gratuita de Android.	4,00	120,75	483,00

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL19	<p><b>Luminaria Philips BGP623 T25 DM11 LED110-4S/740 NO.</b></p> <p>Luminaria Philips de aluminio con cubierta de policarbonato, modelo BGP623 T25 LED110-4S/740 NO PSDD I DM11 GR DDF27 SRG1, serie de cuarta generación Luma 1, acabado lacado de color gris, regulable, de 65 W, factor de potencia mínimo de 0,96, de 720 x 435 x 130 mm, con 60 LED110, temperatura de color 4000 K, índice de reproducción del color mayor o igual de 70, temperatura de color 740 blanco neutro, flujo luminoso de las lámparas 11.000 lúmenes y de las luminarias 9.974 lúmenes, con grados de protección IP66 e IK09, seguridad clase I, para fijar en soporte de 62 mm de diámetro, certificado ROHS.</p>	122,00	769,01	93.819,22
AL20	<p><b>Columna de 9 metros AM-10 con brazo de 1 metro.</b></p> <p>Columna de 9 metros de altura AM-10 con brazo de 1 metro, colocado sobre dado de hormigón, fabricada en acero al carbono según Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo y, en base a la norma armonizada EN 40-5:2002 y galvanizadas por inmersión en caliente. Los fustes son troncocónicos de sección circular de una sola pieza (hasta un desarrollo de 9 metros) con placa base, cerco de refuerzo y 4 cartelas. El hueco de puerta está reforzado mediante un marco de pletina soldado al fuste. Todas las soldaduras son de características mecánicas superiores a las del material base. La unión entre la placa base y la cimentación se realizará mediante 4 pernos de acero S 235 Jr, ocho tuercas y ocho arandelas, todo ello cincado.</p>	122,00	503,98	61.485,56
AL21	<p><b>Dado de hormigón H-250 para cimentación de columnas.</b></p> <p>Dado de hormigón H-250 de dimensiones 0,8 x 0,8 x 1 m para cimentación de columnas, incluyendo excavación de pozo.</p>	122,00	65,67	8.011,74

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL22	<b>Pernos de 900 mm de longitud para anclaje de columna.</b> Pernos de 900 mm de longitud, rosca M27 de 130 mm para anclaje de columna o báculo.	488,00	3,48	<b>1.698,24</b>
AL23	<b>Tuercas de M27 para anclaje de pernos.</b> Tuercas de M27 para anclaje de pernos en dado de hormigón H-250.	976,00	0,32	<b>312,32</b>
AL24	<b>Arandelas cuadradas de 60 mm.</b> Arandelas cuadradas de 60 mm de lado, 8 mm de espesor y 28 mm de diámetro interior para sujeción de las tuercas de M27.	976,00	0,08	<b>78,08</b>
AL25	<b>Cimentación para caja de protección y medida CPM3-D4.</b> Cimentación para caja de superficie y caja de protección y medida CPM3-D4, incluyendo excavación de pozo, hormigonado con hormigón H-150 y colocación de pernos de anclaje y tubos de canalización.	4,00	444,37	<b>1.777,48</b>
AL26	<b>Arqueta de conexión eléctrica de 60 cm.</b> Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60 x 60 x 60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN. Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5 x 68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN.	42,00	107,47	<b>4.513,74</b>

Red de Distribución en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
AL27	<p><b>Toma de tierra con picas para soportes de luminarias.</b></p> <p>Un electrodo cada 5 soportes de luminarias, siempre en el primero y en el último soporte de cada línea, para la red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud. Cincuenta metros de conductor de cobre desnudo, de 35 mm². Una grapa abarcón para conexión de pica. Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300 x 300 mm, con tapa de registro. Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica. Un tercio del saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.</p>	30,00	407,21	12.216,30
AL28	<p><b>Cinta señalizadora de conductores.</b></p> <p>Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.</p>	1.483,43	1,88	2.788,85
AL29	<p><b>Ensayo de conductores de AL según Normas de Fenosa.</b></p> <p>Realización ensayo de conductores de línea de Alumbrado Público según Normas de Unión Fenosa Distribución SA. Incluyendo informe final de resultados, identificación y marcado de líneas de Alumbrado (AL), parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.</p>	16,00	79,78	1.276,48

#### ❖ Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público.

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CA1	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 10 A.</b></p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, gama Industrial, número de polos 2P (bipolar), intensidad nominal 10 A, serie NB1, poder de corte 6 kA, curva C, según UNE-EN 60898-1.</p>	12,00	55,26	663,12

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CA2	<p><b>Conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 6 mm².</b></p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1 x 6 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	72,00	2,60	187,20
CA3	<p><b>Condensadores de película FPG de 1,25 µF.</b></p> <p>Condensadores de película FPG de 1,25 µF, voltaje máximo DC 4500 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante AVX, serie 581-FPG86Z1254J, dieléctrico de polyester/ polipropileno 6, empaquetado bulk, diámetro 3,622 mm.</p>	2,00	75,62	151,24
CA4	<p><b>Condensadores de película de 1,1 µF.</b></p> <p>Condensadores de película de 1,1 µF, voltaje máximo DC 1400 V, tolerancia 5%, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C44ARFP4110ZA0J, empaquetado bulk.</p>	10,00	35,71	357,10

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CA5	<b>Condensadores de película de 0,82 µF.</b> Condensadores de película de 0,82 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32654A0824J000, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 31,5 x 19 x 30 mm.	2,00	2,00	4,00
CA6	<b>Condensadores de película FPG de 0,75 µF.</b> Condensadores de película de 0,75 µF, voltaje máximo DC 850 V, voltaje máximo AC 450 V, tolerancia 5 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 85 °C, fabricante KEMET, serie 80-C4CAMUC3750ZA0J, dieléctrico de polyester / polipropileno, empaquetado bulk, longitud 33 mm.	10,00	3,89	38,90
CA7	<b>Condensadores de seguridad de 0,6 µF.</b> Condensadores de seguridad de 0,6 µF, voltaje máximo DC 630 V, voltaje máximo AC 275 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 40 °C, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante KEMET, serie 80-PME271M660KR30, dieléctrico de papel, empaquetado bulk, dimensiones 30,5 x 15,3 x 22 mm.	2,00	4,17	8,34
CA8	<b>Condensadores de película de 0,56 µF.</b> Condensadores de película de 0,56 µF, voltaje máximo DC 1000 V, voltaje máximo AC 250 V, tolerancia 10 %, temperatura operativa máxima + 110 °C, fabricante EPCOS / TDK, serie 871-B32653A564K, dieléctrico de polipropileno, empaquetado bulk, dimensiones 29,5 x 26,5 x 14,5 mm.	10,00	1,66	16,60
CA9	<b>Inductores fijos de 1 H.</b> Inductores fijos de 1 H, corriente de 18 A, fabricante Coiltronics / Eaton, serie 504-HCMP0704R1-1R0-R, empaquetado reel.	10,00	1,05	10,50

Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CA10	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,9 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,9 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253444, diámetro 2,29 mm.	2,00	5,35	<b>10,70</b>
CA11	<b>Inductores fijos de 0,56 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2510-10 de 0,56 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R56KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	10,00	1,76	<b>17,60</b>
CA12	<b>Inductores de 0,5 H.</b> Inductores fijos Choke de 0,5 H, tolerancia - 20 %, + 50 %, fabricante Triad Magnetics, serie 553 - C - 36X, dimensiones 1,5 x 2,38 x 1,38 pulgadas.	2,00	10,49	<b>20,98</b>
CA13	<b>Inductores fijos Telecoil de 0,37 H.</b> Inductores fijos Telecoil de 0,37 H, tolerancia 15 %, fabricante Knowles, serie 721-5100253441, diámetro 3,21 mm.	10,00	5,35	<b>53,50</b>
CA14	<b>Inductores fijos de 0,33 H.</b> Inductores fijos SC30-10-2507-10 de 0,33 H, tolerancia 10 %, temperatura operativa mínima - 55 °C, temperatura operativa máxima + 100 °C, fabricante TE Connectivity, serie 279-SC30R33KT, empaquetado ammo pack, diámetro 2,8 mm.	2,00	1,84	<b>3,68</b>

## ❖ Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas.

Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CP1	<p><b>Conductor HEPRZ1 12/20 kV de 240 mm².</b></p> <p>Suministro y tendido en zanja de cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.</p>	36,00	26,18	942,48
CP2	<p><b>Tubo curvable de 160 mm.</b></p> <p>Suministro, distribución, colocación y ensamblaje de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4. Caso que algún tubo no sea ocupado serán sellados sus extremos con cemento, de forma que se asegure su estanqueidad.</p>	12,00	6,68	80,16
CP3	<p><b>Condensador monofásico de MT de 150 kVA a 9,53 kV.</b></p> <p>Condensador monofásico de Media Tensión de 150 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 150 / 9,53, código R8C1500009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 160 x 680 mm.</p>	3,00	2.068,95	6.206,85
CP4	<p><b>Condensador monofásico de MT de 500 kVA a 9,53 kV.</b></p> <p>Condensador monofásico de Media Tensión de 500 kVA a 9,53 kV, tipo BIL 38/95 kV (50 Hz) – 9,53 kV, serie CHV – M 500 / 9,53, código R8C5000009530, fabricante CIRCUTOR dimensiones 350 x 175 x 1140 mm.</p>	3,00	3.804,90	11.414,70



Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
CP5	<b>Reactancia de choque de MT de 250 <math>\mu</math>H.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 250 $\mu$ H, tipo RMV – 330 – 90 – 250, serie R80757, intensidad 90 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	3,00	1.517,26	<b>4.551,78</b>
CP6	<b>Reactancia de choque de MT de 100 <math>\mu</math>H.</b> Reactancia de choque para batería de condensadores de Media Tensión de 100 $\mu$ H, tipo RMV – 330 – 125 – 100, serie R80774, intensidad 125 A, fabricante CIRCUTOR dimensiones 355 x 330 x 110 mm.	3,00	1.569,09	<b>4.707,27</b>
CP7	<b>Aparellaje de batería de condensadores automática de MT.</b> Aparellaje de batería de condensadores de compensación automática de Media Tensión con regulador varimétrico, diseñada con 3 escalones de 150 kVAr y 3 escalones de 500 kVAr, 3 reactancias de choque de 250 $\mu$ H y 3 reactancias de choque de 100 $\mu$ H, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cuadro eléctrico, pulsadores y contactores de maniobra, parte proporcional de pequeño material, costes indirectos y medios auxiliares.	1,00	5.298,37	<b>5.298,37</b>

❖ **Estudio de seguridad y salud.**

Estudio de seguridad y salud				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
SS1	<b>Estudio de seguridad y salud.</b> Estudio de seguridad y salud, redacción completa y presupuesto según se indica en el Anexo 9 y, estructurado de la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecciones individuales.</li> <li>- Protecciones colectivas.</li> <li>- Instalaciones provisionales.</li> <li>- Medicina preventiva y primeros auxilios.</li> <li>- Prevención y formación.</li> </ul>	1,00	35.453,26	<b>35.453,26</b>

❖ **Tramitaciones y permisos.**

Tramitaciones y permisos				
Nº	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
TR1	<b>Tramitaciones y permisos.</b> Tramitaciones y permisos ante el Servicio Territorial de Industria de A Coruña, Unión Fenosa Distribución Sociedad Anónima y municipio de Narón, para la legalización de la instalación eléctrica de Media y Baja Tensión. Incluyendo pago de las tasas de publicación en el BOP, tasas de Industria, certificación y visado del proyecto, licencias, impuestos, seguros obligatorios, etc. Totalmente legalizada y con todos los permisos necesarios.	1,00	10.300,06	<b>10.300,06</b>

**6.4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Una vez analizadas todas las partidas de ejecución de material del presente proyecto, debemos resaltar gran cuantía que supone el importe previsto para la compra de conductores eléctricos y tubos de protección sobre el presupuesto total.

Por lo tanto, con el fin de minimizar el valor utilizado para esta partida, indicamos en la siguiente tabla 6.4.1 las características más importantes de gasto en cables y tubos eléctricos en función de la instalación elegida.

La información facilitada en la tabla 6.4.1 sirve para poder evaluar distintas opciones de elección según el tipo de conductor instalado, como pueden ser: unipolares, multiconductores (tripolar o tetrapolar), aislantes, etc., para así poder tomar la opción más adecuada en el momento de la compra de material, con el fin de obtener los mayores descuentos entre los distintos fabricantes del mercado eléctrico, una vez indicadas las características mínimas exigibles del pedido para el diseño de la instalación eléctrica.

LONGITUD DE CONDUCTORES (m)																		PEDIDO				
SECCIONES (mm²)	NAVES			ALUMBRADO						MEDIA TENSIÓN		PEDIDO (m)										
	Trifásica			Trifásica				Monofásica		Trifásica												
	Ternos	Fases (3 unipolares)	Neutro (1 unipolares)	Ternos	Fases (3 unipolares)	Neutro (1 unipolares)	Tierra (1 unipolares)	Fase y Neutro (2 unipolares)	Tierra (1 unipolares)	Ternos	Fases (3 unipolares)	Ternos	Fase R (negro)	Fase S (marrón)	Fase T (gris)	Neutro (azul)	Tierra (verde-amarillo)	Total (m)	Bobina (m)	Precio (euros/m)	Gasto (euros)	
6 (BT)	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	24,00	24,00	NA	NA	1	24,00	NA	NA	24,00	24,00	72,00	4000	1,657	119,32	
16 (BT)	1	NA	259,33	1	NA	57,58	57,58	NA	4160,55	NA	NA	1	NA	NA	NA	316,91	4218,13	4535,04	5000	3,275	14851,03	
25 (BT)	1	45,01	363,95	1	NA	NA	NA	4160,55	NA	NA	NA	1	1383,86	1431,86	1479,86	4524,50	NA	8820,08	9500	4,926	43445,04	
35 (BT)	1	214,32	377,20	1	57,58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	271,90	271,90	271,90	377,20	NA	1192,90	2000	6,706	7999,74	
50 (BT)	1	363,95	348,48	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	363,95	363,95	363,95	348,48	NA	1440,33	3500	9,207	13261,09	
70 (BT)	1	377,20	460,05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	377,20	377,20	377,20	460,05	NA	1591,65	2000	13,187	20989,28	
95 (BT)	1	348,48	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	348,48	348,48	348,48	NA	NA	1045,44	1500	16,773	17535,35	
120 (BT)	1	242,29	42,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	242,29	242,29	242,29	84,00	NA	810,87	2000	21,265	17243,30	
150 (BT)	1	217,76	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	217,76	217,76	217,76	NA	NA	653,28	1500	26,378	17232,34	
240 (BT)	2	42,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	84,00	84,00	84,00	NA	NA	252,00	1500	41,385	10429,01	
240 (MT)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	538,60	2	1077,20	1077,20	1077,20	NA	NA	3231,60	6000	16,766	54181,46	
Total	NA	5679,03	1893,01	NA	172,74	57,58	57,58	8369,10	4184,55	NA	3231,60	NA	4390,64	4414,64	4462,64	6135,14	4242,13	23645,19	38500	9,189	217286,95	
LONGITUD DE TUBOS (m)										PEDIDO												
DIÁMETRO (mm)	NAVES		ALUMBRADO						MEDIA TENSIÓN													
	Trifásica		Trifásica				Monofásica		Trifásica													
	Ternos	Fases y Neutro (4 unipolares)	Ternos	Fases, Neuto y Tierra (5 unipolares)			Fase, Neutro y Tierra (3 unipolares)		Ternos	Fases (3 unipolares)	Total (m)				Bobina (m)	Precio (euros/m)	Gasto (euros)					
40	NA	NA	NA	NA			NA		2	1615,80	3231,60				3250	0,400	1292,64					
90	NA	NA	1	NA			4160,55		NA	NA	4160,55				4275	1,040	4326,97					
110	1	259,33	1	57,58			NA		NA	NA	316,91				350	1,560	494,38					
125	1	363,95	NA	NA			NA		1	46,00	409,95				550	1,660	680,52					
160	1	1185,73	NA	NA			NA		3	46,00	1323,73				1350	2,420	3203,43					
200	2	42,00	NA	NA			NA		NA	NA	84,00				100	2,744	230,48					
Total	NA	1893,01	NA	57,58			4160,55		NA	3415,60	9526,74				9875	1,074	10228,41					

Tabla 6.4.1 – Presupuesto de conductores y tubos eléctricos

❖ **Presupuesto de ejecución material.**

Presupuesto de ejecución material			
Nº	Descripción	Importe (€)	Porcentaje (%)
MT	Red de Distribución en Media Tensión	148.444,74	12,31
CS	Centro de Seccionamiento	32.809,76	2,72
CT	Centro de Transformación	291.618,60	24,19
BT	Red de Distribución en Baja Tensión	334.748,70	27,77
AL	Red de Distribución en Alumbrado Público	317.543,50	26,34
CA	Equipos de Compensación de Armónicos en Alumbrado Público	1.543,46	0,13
CP	Equipos de Compensación de Pérdidas en las Líneas Eléctricas	33.201,61	2,75
SS	Estudio de seguridad y salud	35.453,26	2,94
TR	Tramitaciones y permisos	10.300,06	0,85
<b>TOTAL</b>		<b>1.205.663,69</b>	<b>100</b>

El presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de **UN MILLÓN DOSCIENTOS CINCO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

## ❖ Presupuesto de ejecución por contrata.

Presupuesto de ejecución por contrata			
Nº	Descripción	Importe (€)	Porcentaje (%)
EM	Presupuesto de ejecución material	1.205.663,69	82,65
IP	Imprevistos (2 %)	24.113,27	1,65
GG	Gastos generales (13 %)	156.736,28	10,74
BI	Beneficio industrial (6 %)	72.339,82	4,96
<b>TOTAL</b>		<b>1.458.853,06</b>	<b>100</b>

El presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a la cantidad de **UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con SEIS CÉNTIMOS.**

## ❖ Presupuesto base de licitación.

Presupuesto base de licitación			
Nº	Descripción	Importe (€)	Porcentaje (%)
EC	Presupuesto de ejecución por contrata	1.458.853,06	82,64
IVA	Impuesto de valor añadido (21 %)	306.359,14	17,36
<b>TOTAL</b>		<b>1.765.212,20</b>	<b>100</b>

El presupuesto de Base de Licitación asciende a la cantidad de **UN MILLÓN SETECIENTOS SESENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS DOCE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.**

## 6.5 PRESUPUESTO TOTAL

### ❖ Presupuesto total.

Presupuesto total			
Nº	Descripción	Importe (€)	Porcentaje (%)
BL	Presupuesto base de licitación	1.765.212,20	100
<b>TOTAL</b>		<b>1.765.212,20</b>	<b>100</b>

El presupuesto Total asciende a la cantidad de **UN MILLÓN SETECIENTOS SESENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS DOCE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.**

Narón (A Coruña), junio de 2020.

El autor del Proyecto.

Fdo.: Pablo Morgade Fernández.